UNIVERSIDAD DE MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS

ESCUELA DE INGENIERÍA

PRUEBA DE EVALUACIÓN FINAL DE IIS

GRIFFITH FOODS SA DE CV

“Incremento del OEE en el área de líquidos y botellas de Griffith Foods”

Asesor:

Dra. Jenny Díaz Ramírez

Integrantes:

Maria Cristina Chaveznava Soto 194321

Melissa Edith Gauna Gómez 364530

Beatriz Sofía Elizondo Martínez 529703

San Pedro Garza García, N.L., México a 20 de noviembre de 2019.

TABLA DE CONTENIDO

Contents

CAPÍTULO 1 7

OBJETO DE ESTUDIO 7

1.1 Introducción 7

1.1.1 Palabras clave 7

1.1.2 Descripción del cliente 7

CAPÍTULO 2 9

METODOLOGÍA 9

2.1 Metodología Lean Thinking 9

CAPÍTULO 3 10

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 10

3.1 Análisis e identificación del problema 10

3.2 Objetivos de proyecto 13

3.3 Fijar Alcance. 13

CAPÍTULO 4 18

MEDICIÓN 18

4.1. Procesos a enfoque 18

4.1.1 Programa de producción programado vs. real 18

4.1.2. Lavado por cambio de producto 19

4.2 Validación de información 27

4.3 Identificación de Causas Raíz 36

CAPÍTULO 5 40

FLUJO 40

5.1 Diseño de soluciones 40

5.2. Secuenciación de actividades con valor agregado 45

5.2.1 Modelo de secuenciación: 45

CAPÍTULO 7 51

PULL 51

7.1 Implementación 51

7.2. Estandarización 55

CAPÍTULO 7 56

PERFECCIÓN 56

7.1 Controles 56

CAPÍTULO 8 59
COMPARATIVA DE OBJETIVOS Y RESULTADOS 59
8.1 Resultados de mejoras 59
CAPÍTULO 9 1
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 1

RESUMEN

El presente trabajo consiste en un proyecto de mejora continua sobre el indicador OEE que mide calidad, disponibilidad y eficiencia, a partir del cual se realizó un enfoque y análisis al área de líquidos y botellas de Griffith Foods S.A. de C.V. por ser el área más crítica y afectada con un porcentaje de OEE muy bajo.

De esta manera, el proyecto incluye un marco referencial en el que se observa el contexto, el entorno, los antecedentes y la problemática del indicador OEE, tanto en líquidos como en botellas, así como un marco teórico donde se definirán cada uno de estos conceptos con base en análisis sustentado.

La metodología empleada para llevar a cabo el proyecto fueron los pilares de Lean Thinking basado en el pensamiento de eliminar desperdicios con base en dos pilares: la mejora continua (Kaizen) y la mejora radical (Kaikaku) con el fin de ser más eficientes y reducir tiempos originados que no agregan valor. Para llegar a un análisis de causas raíz se utilizó la herramienta de diagrama de Ishikawa y posterior a ello se realizó un diagrama de Pareto para identificar las causas raíz más importantes.

Los resultados del análisis permitirán detectar las causas raíz que generan nuestra necesidad de proyecto y a partir de ello se buscarán distintas soluciones para atacar los causas. Entre ellas se diseñaron y se busca implementar kaizens en los procesos de configuración de arranque y lavado; y para el plan de producción se formuló un modelo de secuenciación para facilitar la planeación de la producción y que ésta sea la manera eficiente y óptima de hacerlo.

LISTA DE FIGURAS

Figure 0-1 8
Figure 0-1 Demanda de áreas en toneladas 11
Figure 0-2 Fórmulas para el cálculo del OEE en Griffith Foods planta Monterrey 11
Figure 0-3 Tipos de paro e impacto 12
Figure 0-4 Porcentaje de eficiencia, calidad y disponibilidad del OEE en el Tiempo en Semana(enero-mayo 2019) 12
Figure 0-5 Paro por falta de programa de planeación por máquina(Enero-Mayo 2019) 13
Figure 0-6 Paro por lavado por cambio de producto por máquina(Enero-Mayo 2019) 14
Figure 0-7 Paro por lavado por cambio de producto por máquina(Enero-Mayo 2019) 14
Figure 0-8 Demanda y Eficiencia por máquina del área de líquidos y botellas de Enero-Mayo 2019 15
Figure 0-9 Producción real vs Producción Programada(Enero-Mayo 2019) 15
Figure 0-1 Plan de producción vs producción real de Enero a Mayo del 2019 18
Figure 0-2 Histograma de tiempos de lavado del área de líquidos y botellas 19
Figure 0-3 Diagrama de caja y bigotes de tiempo de lavado de las máquinas Lanes . 20
Figure 0-4 Mapeo de flujo de valor de promedio de tiempos de lavado de las máquinas Lanes 20
Figure 0-5 Pays de catividades de valor de las máquinas Lanes 21
Figure 0-6 Pays de actividades de valor específicas de las máquinas Lanes 21
Figure 0-7 Distribución de caminares en las máquinas a enfoque 22
Figure 0-8 Pay de caminares específicos realizados en el lavado en las máquinas Lanes 22
Figure 0-9 Histograma de tiempos de lavado del área de líquidos y botellas 23
Figure 0-10 Diagrama de caja y bigotes de tiempos de configuración de arranque de máquinas Lanes 23
Figure 0-11 Mapeo de flujo de valor promedio de tiempos de configuración de arranque de las máquinas Lanes 24
Figure 0-12 Pays de actividades de valor de las máquinas Lanes 25
Figure 0-13 Pays de actividades de valor de las máquinas Lanes 25
Figure 0-14 Distribución de caminares en las máquinas Lanes 26
Figure 0-15 Pay de caminares específicos realizados en el lavado en la máquina Lane 26
Figure 0-16 Regresión viscosidad vs consistencia 27
Figure 0-17 Regresión de viscosidad vs tiempo de los lavados 28
Figure 0-18 Dendograma de máquina Lane 29
Figure 0-19 Gráfica de residuos para tiempo de lavado en minuto 30
Figure 0-20 Gráfica de probabilidad para la Familia 1 31
Figure 0-21 Gráfica de probabilidad para la Familia 2 31
Figure 0-22 Gráfica de probabilidad para la Familia 2 32
Figure 0-23 Gráfica de Probabilidad para la Familia 4 32
Figure 0-24 Gráfica de probabilidad para la Familia 32
Figure 0-25 Gráfica de probabilidad para la Familia 1 33
Figure 0-26 Gráfica de probabilidad para la Familia 2 33

Figure 0-27 Gráfica de probabilidad para la Familia 1 33
Figure 0-28 Gráfica de probabilidad para la Familia 2 34
Figure 0-29 Gráfica de probabilidad para la familia 3 34
Figure 0-30 Gráfica de probabilidad para la Familia 4 34
Figure 0-31 Gráfica de probabilidad para la Familia 5 35
Figure 0-32 Gráfica de probabilidad para la Familia 6 35
Figure 0-33 Gráfica de probabilidad para la Familia 1 35
Figure 0-34 Gráfica de probabilidad para la Familia 2 36
Figure 0-35 Gráfica de probabilidad para la Familia 3 36
Figure 0-36 Diagrama de Ishikawa 37
Figure 0-37 Priorización de causas raíz Enero-Mayo2019 40
Figure 0-1 Instructivo de configuración de arranque 41
Figure 0-2 Reglas para configuración de arranque en Leva de tamaño sobre 42
Figure 0-3 Ayuda visual para Leva de tamaño sobre 42
Figure 0-4 Adelantar troquel de caducidades durante tiempos muertos del lavado 43
Figure 0-5 Separador de herramientas 44
Figure 0-6 Instructivo de trabajo-lavado 44
Figure 0-7 Temporizador de agua para manguera 45
Figure 0-8 Mesa de lavado con divisiones 45
Figure 0-9 Entradas y salidas de modelo de secuenciación 46
Figure 0-10 Modelo en GAMS 49
Figure 0-11 Benchmark de modelos de programación 50
Figure 0-12 Macro de excel 50
Figure 0-13 Datos generados por Macro 51
Figure 0-1 Reglas para ayuda visual de fotocelda, navaja de peso y altura de sobre . 52
Figure 0-2 Adelanto para armar troquel con sus respectivas caducidades 52
Figure 0-3 Carrito de sanitización 53
Figure 0-4 Clasificación de piezas en mesa de lavado 53
Figure 0-5 Argolla para permitir el flujo de agua 54
Figure 0-6 Shadow board para herramientas 54
Figure 0-7 Instructivo de trabajo para lavado y configuración de arranque 55
Figure 0-8 Reducción de tiempo en configuración de arranque y lavado 55
Figure 0-1 Formato de control para lavado 56
Figure 0-2 Formato de control para configuración 56
Figure 0-3 Capacitación a trabajadores de mejora continua 57
Figure 0-4 Capacitación a operarios 57
Figure 0-5 Sistemas de comunicación de Kaizen 58
Figure 0-6 Sistema de comunicación de Kaizen 58
Figure 0-7 Sistema de comunicación Kaizen 58
Figure 0-1 OEE semanal durante fase de implementación 59

LISTA DE TABLAS

Table 0-1 Familia de Productos elaborados en Griffiths Foods 8
Table 0-1 OEE Griffith Foods planta mty..... 11
Table 0-2 Impacto del proecto por tiempo extra 15
Table 0-3 Impacto del proyecto por Paros de Línea..... 16
Table 0-4 Impacto del proyecto en horas extra 16
Table 0-1 Estaciones de Lavado del área de máquinas a enfoque 22
Table 0-2 Estaciones de configuración de arranque del área de líquidos y botellas.... 26
Table 0-3 ANOVA de la regresión de tipo de máquina sobre el tiempo del lavado..... 28
Table 0-4 ANOVA de regresión de viscosidad y tipo de máquina sobre el tiempo de lavado 29
Table 0-5 ANOVA de un variable para la máquina LANE analizando el factor conglomerados 30
Table 0-6 Comparaciones en parejas de Tukey con un nivel de confianza de 95% 31
Table 0-7 Priorización de Causas Raíces 37
Table 0-1 Lluvia de ideas por causa raíz..... 41
Table 0-1 Resultados del OEE semanal en el área de Líquidos y Botellas 60
Table 0-2 Impacto de los resultados del proyecto en costo beneficio..... 60

CAPÍTULO 1

OBJETO DE ESTUDIO

1.1 Introducción

El presente trabajo comprende el estudio del indicador OEE en los rubros de disponibilidad y eficiencia que son los porcentajes más bajos y que afectan el OEE general en del área de líquidos y botellas de Griffith Foods S.A. de C.V. y los procesos que conlleva.

En el documento que se presenta a continuación, se muestran todos los datos y características que han sido obtenidos del cliente desde enero 2019 a mayo 2019 que nos llevan como resultado de los cálculos desarrollados y permiten reconocer los efectos de desviaciones en los procesos.

Así mismo se comprende de un análisis profundo de por qué existen semejantes retrasos en la producción, severos paros de línea, así como también cuáles son sus principales causas de estos problemas.

Tras el análisis y cálculos realizados que llevaron a las causas raíz del proyecto se diseñaron distintos kaizen y soluciones para resolver las causas raíz y cumplir con los objetivos de proyecto. Entre esas soluciones se busca emplear un modelo de secuenciación que optimice el tiempo de producción mediante la secuencia de productos a producir en las distintas máquinas del área.

Posterior a la solución se van a implementar las soluciones y se les dará un seguimiento y control para asegurar el cumplimiento y rendimiento de las mismos.

1.1.1 Palabras clave

A continuación se describen las palabras clave que se mencionarán en el escrito:

OEE- La Eficiencia General de los Equipos es una razón porcentual que sirve para medir la productividad de fabricación identificando el porcentaje de tiempo que es productivo considerando tres factores: calidad, disponibilidad y eficiencia.

Disponibilidad - División del tiempo que la máquina ha estado produciendo entre el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo o tiempo total.

Eficiencia - Indicador del OEE, el cual se calcula dividiendo los resultados obtenidos entre los esperados

Secuenciación- Actividad de asignación de órdenes para algo.

Viscosidad - Propiedad termofísica de los fluidos ocasionada por sus fuerzas de cohesión molecular y resulta en la oposición que oponen a escurrir. Unidad: centipoise (cP)

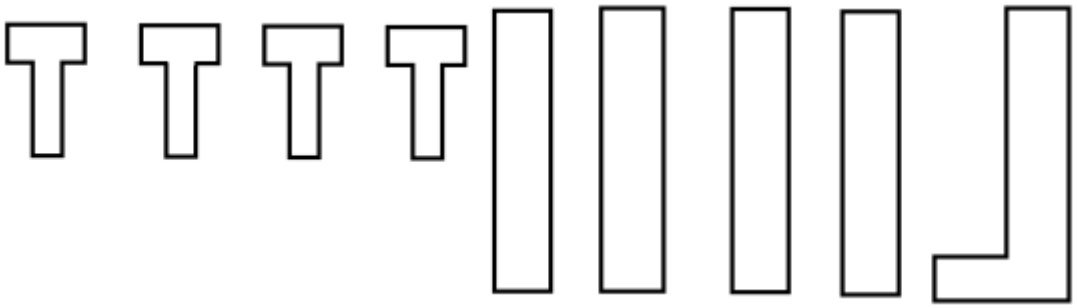
Consistencia - Habilidad del material en permanecer junto/uniforme, usada típicamente para describir las propiedades de los sólidos, semisólidos y líquidos. Unidad: Centímetros (cm)

1.1.2 Descripción del cliente

Griffith Foods es una empresa a nivel mundial con sus oficinas centrales situadas en Chicago Illinois, Estados Unidos. Es un socio de desarrollo de productos que se especializa en ingredientes alimentarios y sirve a compañías de alimentos globales y regionales de todo el mundo tanto locales, retailers, industrias procesadoras, restaurantes de comida rápida, entre otros. Están comprometidos a ayudar a sus clientes a tener éxito a través de una verdadera innovación de colaboración. Quiénes son, cómo ayudan a sus clientes a ganar, y lo que hacen está impulsado por su propósito: combinar el cuidado y la creatividad para nutrir el mundo.

En México se cuentan con dos plantas y oficinas situadas en Santa Catarina, Nuevo León y en Atitalaquia, Hidalgo. En Griffith Foods Santa Catarina existen 300 empleados y su planta está conformada por diferentes áreas dedicadas a la fabricación y almacenamiento de distintos productos y materias primas y son distribuidos internamente o externamente dependiendo de los procesos que requiere y tipo de resguardo que necesita. Cuenta con un almacén de materia prima y otro de producto terminado, con el área de bacheo encargada de separar y realizar el picking de materia prima requerida para la fabricación, un área de formulación y elaboración de productos llamada marmitas, dos áreas de producción para productos líquidos y para polvos.

El área de líquidos produce un total de 200 aproximadamente contando con cinco líneas ponchadoras, tres líneas embotelladoras y dos líneas para envases en plástico cuadrangular. Por otro lado, el área de Polvos que cuenta con aproximadamente con 700 SKU en una línea de producción automatizada.



Layout planta de Griffith Foods Santa Catarina

Figure 0-1

Los productos elaborados en la planta de Santa Catarina son producidos en dos áreas: Líquidos y Botellas y en Polvos, y sus productos son divididos en familias de que se desglosan de la siguiente forma

Table 0-1 Familia de Productos elaborados en Griffiths Foods

Líquidos y botellas		**Polvos**	
Aderezos	**Salsas**	**Condimentos**	**Marinados**

- Aderezo de Mayonesa - aderezo Ranch - Aderezo César - Aderezo de Mostaza - Aderezo de Chimichurri - Aderezo Chipotle - Aderezo de Crema	- Catsup - Fire, hot, mild - Para cerveza - BBQ - Alitas - Queso Cheddar - PulpaDip - Buffalo - Habanera - Bolognesa - Alfredo - Inglesa	- Chile seco en trozos - Sazonador Chile Guajillo - Sazonador Roast Beef - Sazonador Roast Chicken - Sal con sabor de apio - Sazonador ahumado	- Marinado Arrachera - Marinado Adobo - Marinado Jalapeño - Marinado para pollo - Marinado Italiano - Marinado de Res

A medida que se intensifica la competencia dentro de la industria alimentaria, las compañías de alimentos buscan socios de crecimiento con experiencia en materia de ingredientes y procesamiento, conocimiento de los consumidores y mercados locales y conexiones regionales para impulsar el desarrollo de alimentos preferidos por los consumidores en todo el mundo. Griffith Foods cuenta con los recursos, herramientas y técnicas requeridas para satisfacer las necesidades de los clientes para maximizar su éxito. Sea cual sea el segmento de enfoque, Griffith se compromete a proporcionar soluciones personalizadas que crean y protegen marcas valiosas.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Metodología Lean Thinking

Para el desarrollo del proyectos se empleó la metodología de Lean Thinking con el fin de medir y obtener información cualitativa y cuantitativa continuamente de manera que permita eliminar las actividades que no aportan valor en los procesos y potencializar lo que sí agrega valor. Esta metodología está basada en los cinco pilares:
1) Identificar, 2) Medir, 3) Flujo, 4) Pull y 5) Perfección.

1) **Identificar**
   1.Definir el problema
   2. Establecer el objetivo general y los objetivos particulares
   3. Fijar alcance del proyecto
   4. Determinar impacto de proyecto
2) **Medir:**
   1.Procesos a enfoque y actividades que no agregan valor.
   2. Validación y análisis de datos e información.
   3. Identificación de causas raíz
3) **Flujo**
   1. Diseño soluciones que eliminen actividades que no agregan valor con el uso de herramientas lean
   2. Secuenciar actividades con valor
   3. Pruebas piloto
4) **Pull**
   1. Implementación de soluciones

2. Estandarizar soluciones para flujo continuo

5) **Perfección**

1. Mejora continua del proceso
2. Aseguramiento de rendimiento del proceso con controles

Womack, James P, & Jones, Daniel T. ;2003

La metodología Lean, una filosofía de gestión que se origina en la fabricación de Toyota, alienta a los proveedores de servicios a poner énfasis en el valor según lo define el cliente y la eliminación de desechos que dificultan el flujo de valor.(West, L. M., 2018)

Esta metodología recalca el estudio de la situación actual, el cual permite identificar restricciones que reducen el número de alternativas posibles a considerar. Las mejoras propuestas reducirán el flujo de materiales, lo que permitirá a la empresa aumentar el flujo de una pieza propuesto por la filosofía de manufactura esbelta(Santos, J., 2006)

De igual manera, se basa en definir el problema y las áreas de oportunidad de una empresa, proceso y/o área y cómo aprovechar los recursos para mejorar y hacerlos eficientes de manera que mide el rendimiento, analiza el contexto detalladamente para determinar los síntomas y la causa raíz que corroe el problema. Se utilizan pasos definidos que guían a través del proceso de mejora y beneficia cuando el proceso es complejo y con riesgos altos. Sin embargo no es necesario aplicar todos los pasos de la metodología pero comprobando que los datos demuestran una solución única(Smith, R., 2004).

CAPÍTULO 3

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente nos encontramos en la etapa de identificar de la metodología Lean Thinking lo cual recurre al análisis profundo de la situación del cliente para identificar su desempeño actual con base en datos, cálculos, mapas y diagramas para ver porcentajes las actividades que se requieren eliminar del proceso o que están afectando al mismo.

3.1 Análisis e identificación del problema

Griffith Foods a pesar de ser una empresa mundial tiene áreas de oportunidad. Algunos de los procesos de Griffith Foods no se encuentran estandarizados y no hay un registro formal. Griffith cuenta con una gran cantidad de productos y de clientes en toda la República Mexicana y en el extranjero. Para el diagnóstico de la necesidad del proyecto se estratificó la demanda de los clientes dependiendo de la familia de productos que se venden. En la siguiente figura se puede observar la demanda en toneladas de las áreas de producción en la planta de Santa Catarina.

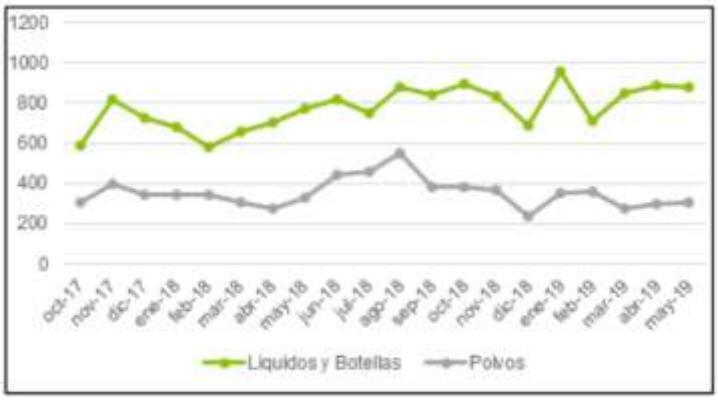


Figure 0-1 Demanda de áreas en toneladas

Anudando lo anterior, el área que mayor demanda posee en sus productos es la de Líquidos y Botellas; se encuentra desglosada de la siguiente manera: Líquidos y botellas representa el 68.48% de la demanda total en KG vendidos, dónde Salsas representa el 75.825% y Aderezos el 19.45% y por otro lado, Polvos representa únicamente el 31.51% de la demanda total en el cual los condimentos representa el 4.61% y marinados el 0.07%.

Actualmente, la empresa tiene la Eficiencia General de los Equipos (OEE) como su indicador de desempeño de la planta, es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial dividido en Calidad, Disponibilidad y Eficiencia que se calcula de la siguiente forma:

Figure 0-2 Fórmulas para el cálculo del OEE en Griffith Foods planta Monterrey

A continuación se muestran los resultados de este indicador de Enero a Mayo del 2019 para la planta Griffith Foods Monterrey.

Table 0-1 OEE Griffith Foods planta mty

OEE	Líquidos y Botellas	Polvos
%	42%	75%
Calidad	98.9%	99.97%
Disponibilidad	74%	89%
Eficiencia	57%	84.5%

Como se aprecia en la tabla, el área de líquidos y botellas es la que presenta un menor porcentaje del indicador del OEE, específicamente para los rubros de disponibilidad y eficiencia que son en los que nos enfocaremos. Analizando la situación de la empresa y con base en registros se encontró que el indicador

de OEE general en dicha área de enero 2019 a mayo del 2019 fue de 42% radicado en disponibilidad con un 74.3% y eficiencia con un 57.5%. Esto arraiga principalmente por los paros de línea, que mediante un diagrama de pareto se detectaron los paros de línea principales: paro por falta de programa de producción, configuración de arranque y lavado por cambio de producto con un total de minutos por esos paros de 230,210 min, 1112,989 min y 194,397 min respectivamente. En total todos los paros representaron 707,771 min de producción parada de Enero a Mayo del 2019, esta información se puede apreciar en la Figura 1.4.

Tabla 1.3. Tipos de paro e impacto

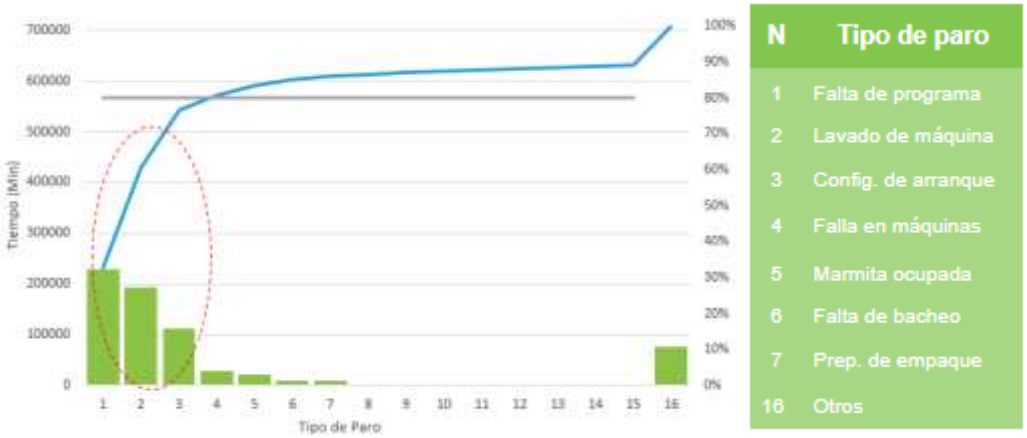


Figure 0-3 Tipos de paro e impacto

Analizando la Figura 1.3 y la Tabla 1.1, se concluye que el proyecto se enfocará a tres tipos de paro de producción, acorde al 80/20 que se puede analizar con el pareto. Estos paros son los siguientes: paro por falta de programa de producción, configuración de arranque y lavado por cambio de producto.

El primero, consiste en la diferencia entre la planeación de producción y la real, la cual se refleja en retrasos en la producción al no emplear estándares de tiempo cercanos a la realidad. El segundo paro, es el tiempo que se detiene la producción para configurar la máquina.

El último, es un tiempo que a pesar de ser necesario debe de ser minimizado, ya que el lavado de la máquina al haber un cambio de producto no agrega valor al cliente y retrasa la producción. A continuación se mostrará en la Figura 1.5 el comportamiento del OEE de enero a mayo del 2019.

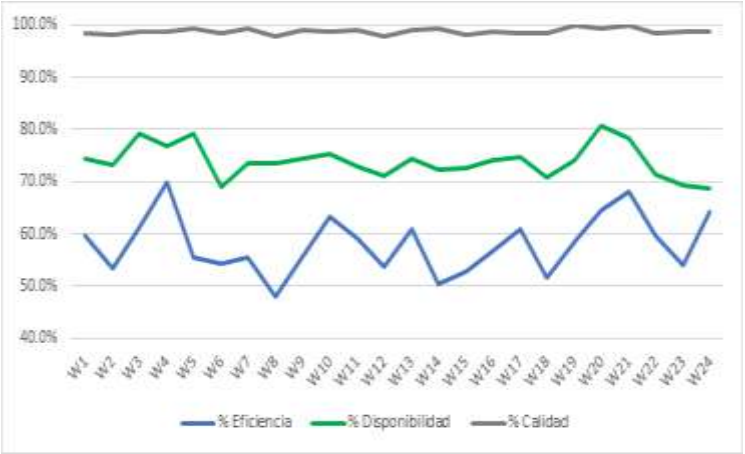


Figure 0-4 Porcentaje de eficiencia, calidad y disponibilidad del OEE en el Tiempo en Semana(enero-mayo 2019)

Como se puede apreciar en la Figura 1.4, el comportamiento del OEE ha sido bajo debido a la eficiencia

y disponibilidad. El bajo porcentaje de OEE ha radicado que no se siga ni cumpla con el plan de producción en tiempo y forma recurriendo a turnos extra de operarios durante los fines de semana para poder cumplir con la producción gastando alrededor de $ 1,000,018.37 en horas extra de enero a mayo del 2019.

El proyecto busca incrementar el OEE actual del área de Líquidos y Botellas. Esto incluye el incrementar los porcentajes de eficiencia y disponibilidad mediante un análisis centrado en dichos rubros. A continuación se describirán el objetivo general y los particulares de este proyecto.

3.2 Objetivos de proyecto

Objetivo General del Proyecto

Incrementar en un 41% el OEE en el área de Líquidos y Botellas.

Objetivos particulares

- Incrementar la disponibilidad en 11 puntos porcentuales (15%)
- Incrementar la eficiencia en 12 puntos porcentuales (22%)

(Vease Anexo 1 y Anexo 2)

3.3 Fijar Alcance.

Para poder segmentar la problemática, realizamos un diagrama de Pareto para observar qué máquinas representan el 80/20 para cada tipo de paro. Esto con el objetivo de observar si las existe un comportamiento repetitivo para las máquinas por tipo de paro y poder enfocar el proyecto hacia las máquinas con mayor problemática. En la siguiente figura se puede apreciar el diagrama de Pareto para el paro por falta de programa de planeación; en el cual se observa que las máquinas Empac, Lanes, Equitek y NewPack representan el 80% del tiempo para este tipo de paro.

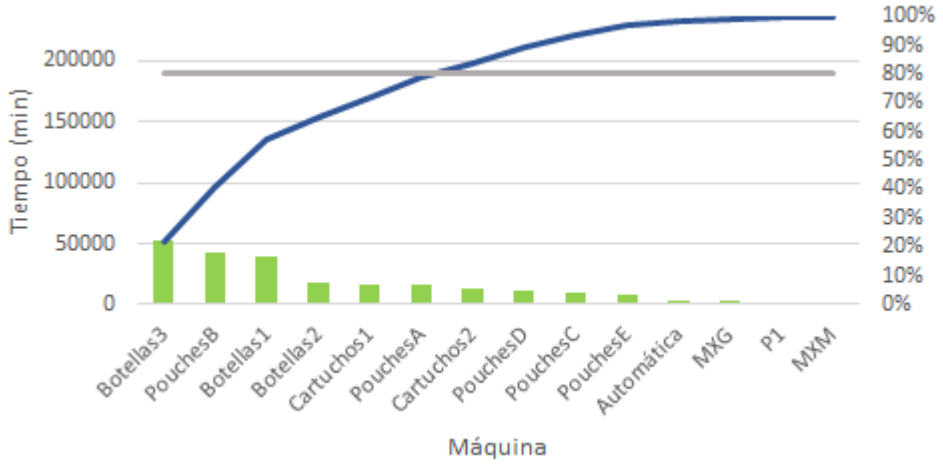


Figure 0-5 Paro por falta de programa de planeación por máquina(Enero-Mayo 2019)

Como se puede observar en la Figura 1.5, las máquinas que tienen una mayor desviación en la programación de su producción vs la realidad son la Empac, Lane 4, Equitec 1, Equitec 2 y Newpack. En la siguiente Figura, se analizará el siguiente paro que se obtuvo en el análisis de la problemática o el paro por “Lavado por cambio de producto”.

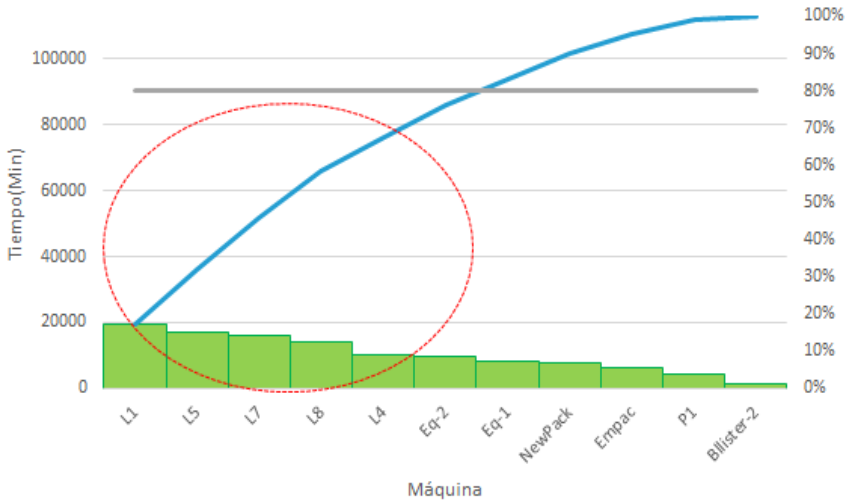


Figure 0-6 Paro por lavado por cambio de producto por máquina(Enero-Mayo 2019)

Como se aprecia en la Figura 1.6, las máquinas que representan el 80% del tiempo para el paro por Lavado por cambio de producto son: Lanes. Prosiguiendo con este análisis, se analizará el último paro arrojado por la figura 2, "Configuración de arranque".

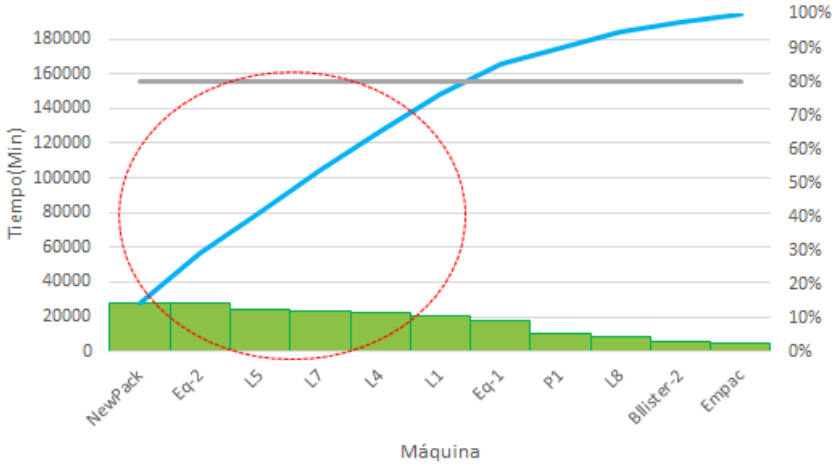


Figure 0-7 Paro por lavado por cambio de producto por máquina(Enero-Mayo 2019)

Analizando la Figura 1.7, se puede apreciar que las máquinas con un mayor tiempo de para el paro por configuración de arranque, son: Lanes y Equitek. Adicional a este análisis, se observó la demanda y la eficiencia de cada máquina para poder decidir sobre qué máquinas se enfocará el proyecto, con el objetivo de tener mayor impacto sobre los objetivos de proyecto. En la siguiente figura, se plasman los porcentajes de demanda y eficiencia para todas las máquinas.

Máquina	Demanda	Eficiencia
Máquinas porcionadoras de aderezos y salsas (4)	59%	54%
Máquina para salsas en botella (1)	25%	71%
Máquina para aderezos en botella (1)	5%	42%
Máquina de aderezos y salsas con presentación personalizada (1)	4%	84%

Máquina de botellas para aderezos con presentación personalizada (1)	5%	58%
Máquina de empaque personalizado de aderezos y salsas (1)	2%	83%

Figure 0-8 Demanda y Eficiencia por máquina del área de líquidos y botellas de Enero-Mayo 2019

En los diagramas de Pareto analizados anteriormente, se concluye que las máquinas porcionadoras de aderezos y salsas se encuentran presentes en los tipos de paro más relevantes y representan un mayor impacto en los mismos. Por otro lado, analizando la Figura 1.8, " Demanda y Eficiencia por Máquinas del Área de de Líquidos y Botellas",se observa que esas mismas son las máquinas con la mayor demanda (59%) y se encuentran en segundo lugar con el porcentaje de eficiencia más bajo (54%).

Es por ello que nuestro enfoque de investigación es en las cuatro máquinas porcionadoras y medir a detalle estos procesos para obtener un mayor resultado en el OEE.

3.4.Determinar impacto de proyecto

En la siguiente figura se puede apreciar el comportamiento de la producción real (azul) contra la producción programada (verde) en kilogramos, donde se observa que nunca se cumple con el 100% de la producción programada en el tiempo que se tenía previsto. Por otro lado, hay un 27% de la producción que está retrasada, lo que genera 1,836 horas extras de trabajo para poder completar con la producción planeada y cumplir con la demanda. Este tiempo extra se puede traducir en $1,000,018 pesos mensuales de pérdida para la empresa.

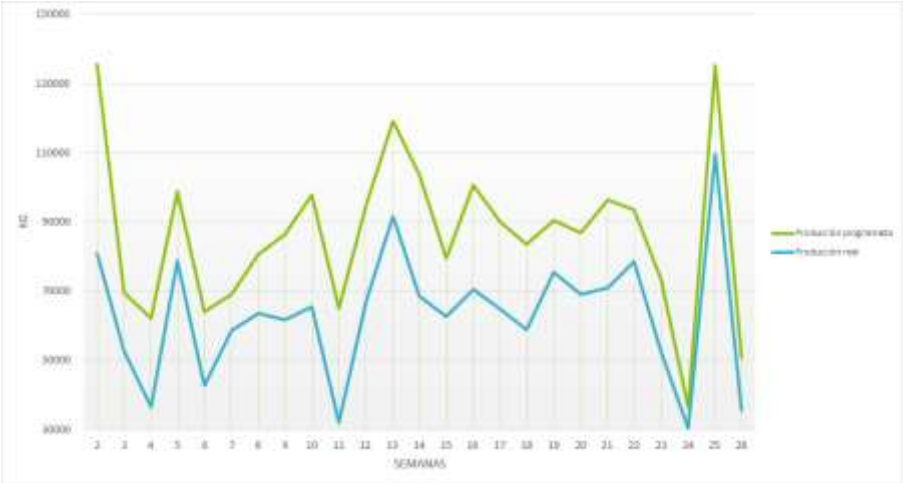


Figure 0-9 Producción real vs Producción Programada(Enero-Mayo 2019)

Table 0-2 Impacto del proecto por tiempo extra

	Tiempo Extra	**Impacto**
Duración en Horas por retrasos	**1,836**	**TOTAL $ 1,000,018.37**

Para el impacto del proyecto, se requirió el dato de la duración del paro en horas de enero a mayo, el cual se transformó en kilogramos usando el siguiente dato proporcionado por la empresa: 1600.78 kg/hora en líquidos; y 931.62 kg/hora en botellas. Este dato se multiplicó por las horas para obtener los Kilogramos.

Posteriormente con otro dato proporcionado por la empresa que fue $$/kg se multiplicó para obtener el costo oportunidad del proyecto en 5 meses, el cual se dividió entre 5 para obtener el dato mensual. Esto se puede observar en la tabla 1.3. Es importante mencionar que el dato $$/kg, es correspondiente a los costos de la ruta de manufactura del área de líquidos y botellas, este costo contempla el gasto de mano de obra, maquinaria, luz y electricidad.

Table 0-3 Impacto del proyecto por Paros de Línea

	Tipo de paro	hr	kg	$/kg	$	$/mes
	Programación	1988.33	3,182,900.49	1.69	$5,379,101.83	$1,075,820.37
Líquidos	Lavado	2399.2	3,840,611.00		$ 6,490,632.58	$ 1,298,126.52
	Config	1490.15	2,385,414.50		$ 4,031,350.51	$ 806,270.10
	Programación	1848.50	1,722,109.95	3.02	$5,200,772.05	$1,040,154.41
Botellas	Lavado	840.75	783,264.24		$ 2,365,457.99	$ 473,091.60
	Config	393	366,128.87		$ 1,105,709.18	$ 221,141.84
					$24,573,024.15	$4,914,604.83

Como se puede apreciar en la tabla 5, el atacar los paros de línea te permite aprovechar más tu producción, empleando los $4,914,604.83 pesos mensuales que pueden emplearse para producción.

Adicionalmente, se había mencionado la problemática de 1,836 horas extra por retraso de producción las cuales se trabajaron durante el fin de semana de Enero-Mayo de este año. Estas horas tuvieron el siguiente impacto económico: $1,000,018.37. Esto se obtuvo multiplicando las horas de retraso por los kg/hora, lo cual nos arroja los kg producidos durante ese tiempo, el cual se multiplica por $$/kg, lo cual nos da el costo de estar produciendo en esas horas extra, como puede observarse en la Tabla 6.

Table 0-4 Impacto del proyecto en horas extra

Tiempo extra	Horas	kg/hora	kg	$$/kg	$$/5 meses	$$/mes
Botellas	306	931.63		1.69	$ 860,933.86	$ 172,186.77

			2 85,077.44			
Líquidos	1530	1600.7	2, 449,205.9 1	3.02	$ 4,139,157.99	$ 827,831.60
						$ 1,000,018.37

Por consiguiente, analizando la tabla 4 y la tabla 3, el total de impacto potencial en el proyecto es de $5,914,623.2.

CAPÍTULO 4

MEDICIÓN

4.1. Procesos a enfoque

Para analizar los procesos críticos del proyecto se tomaron en cuenta los tres paros de línea más recurrentes y las máquinas con mayor frecuencia en paros. Estos se analizaron empezando el porcentaje de paro mayor a menor.

4.1.1 Programa de producción programado vs. real

Primeramente se observó la distribución de uso de tiempo del área de líquidos y botellas, es decir se hizo una comparativa del tiempo que el cliente programa en el plan de producción semanal que vs. el plan de producción que realmente se lleva a cabo.

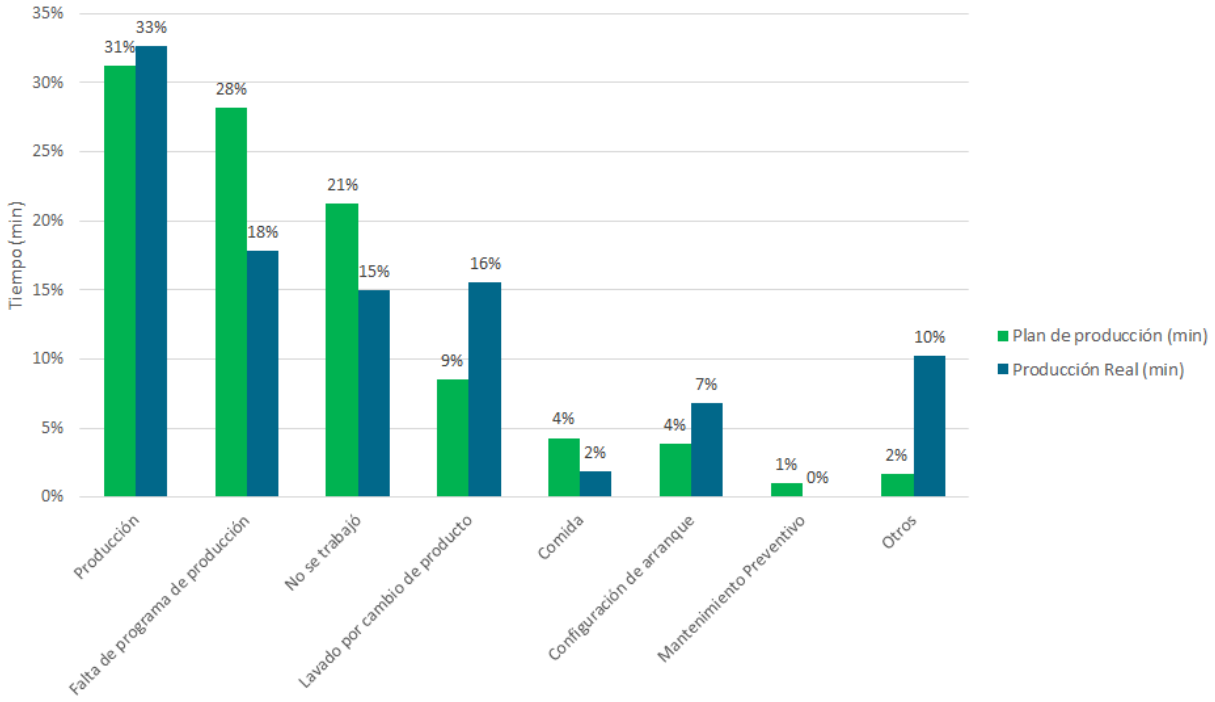


Figure 0-1 Plan de producción vs producción real de Enero a Mayo del 2019

En la figura se observa que el paro por falta de programa de producción no concuerda con el plan de producción real ya que el programado está disminuido en un 10%. Además, se muestra que el proceso de lavado incrementa en un 6% y de configuración de arranque en un 3% respectivamente del plan de producción vs. a la producción real; por ello es que se recurre a trabajar horas extra en un 6% los fines de semana.

Por otro lado, no se realiza el mantenimiento preventivo y se considera en un 2% otros paros al realizar el plan de producción, cuando la realidad equivale a 10% del tiempo disponible.

4.1.2. Lavado por cambio de producto

Posteriormente proseguimos con el paro de línea por lavados, para ello se realizó una muestra de diez tomas de tiempos muy definidos y detallados para ver lo que pasa en el proceso, además junto con los datos de tomas de tiempos históricos se complementó a una muestra representativa de 626 datos de las tomas de tiempo considerando las máquinas del área de líquidos y botellas para realizar un histograma para verificar si los tiempos de lavado son o no son normales, lo cual se puede demostrar que efectivamente no son normales.

Además, se realizó un diagrama de caja y bigotes con los tiempos de las máquinas Lanes para ver la dirección en que se sesgan los tiempos. Se visualiza que estos datos están sesgados hacia el extremo inferior, por lo que se puede inferir que el tiempo de lavado dura más de lo que debería durar.

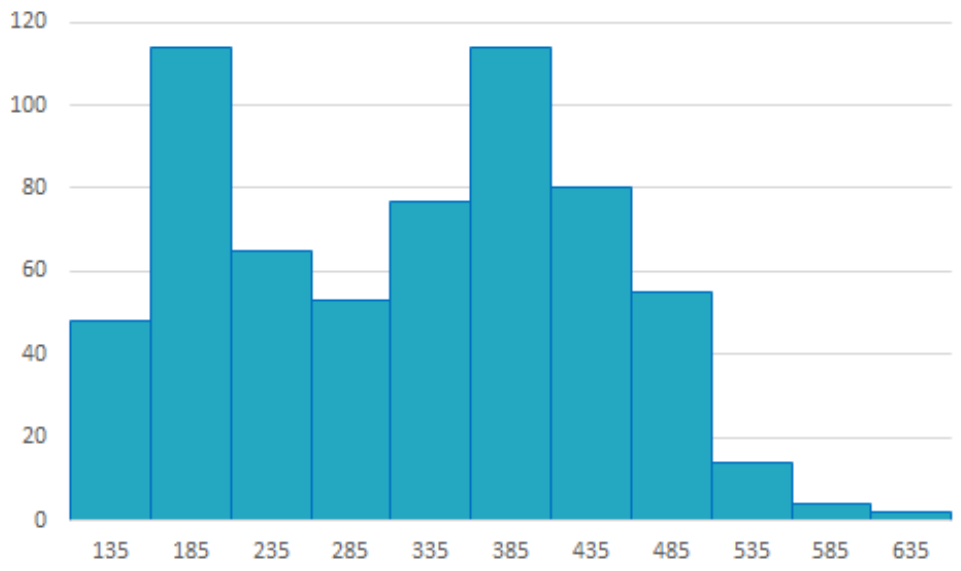


Figure 0-2 Histograma de tiempos de lavado del área de líquidos y botellas

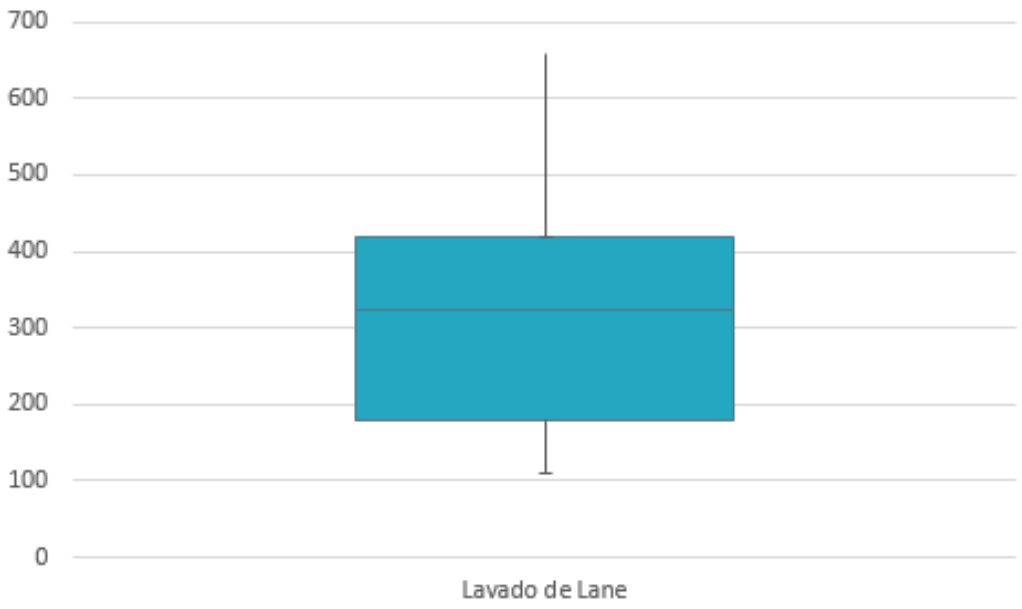


Figure 0-3 Diagrama de caja y bigotes de tiempo de lavado de las máquinas Lanes

Continuando se plasmaron en un Value Stream Map los promedios de los tiempos de las Lanes por cada subproceso de lavado separando las actividades que agregan y no agregan valor, esto con el fin de detectar los subprocesos donde existen actividades que se requieren eliminar y el procedimiento donde existe el cuello de botella.

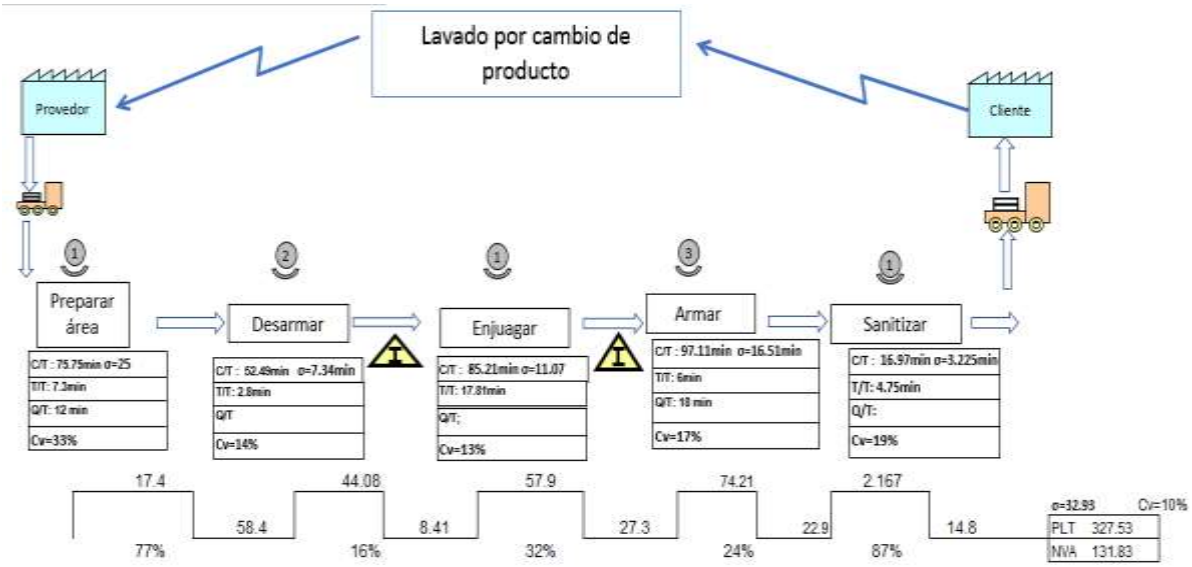


Figure 0-4 Mapeo de flujo de valor de promedio de tiempos de lavado de las máquinas Lanes

Se puede observar que en el subproceso de preparar área, enjuagar y sanitizar son los donde existe mayor tiempo de actividades que no agrega valor y el cuello de botella se encuentra en preparar área.

En promedio el tiempo total de este proceso es de 5.45 horas estándar y 2.20 horas estándar no agregan valor. Para complementar se identificaron específicamente los porcentajes de las actividades que no agregan valor y entre las tres principales se encuentran: caminar, preparar área y componentes

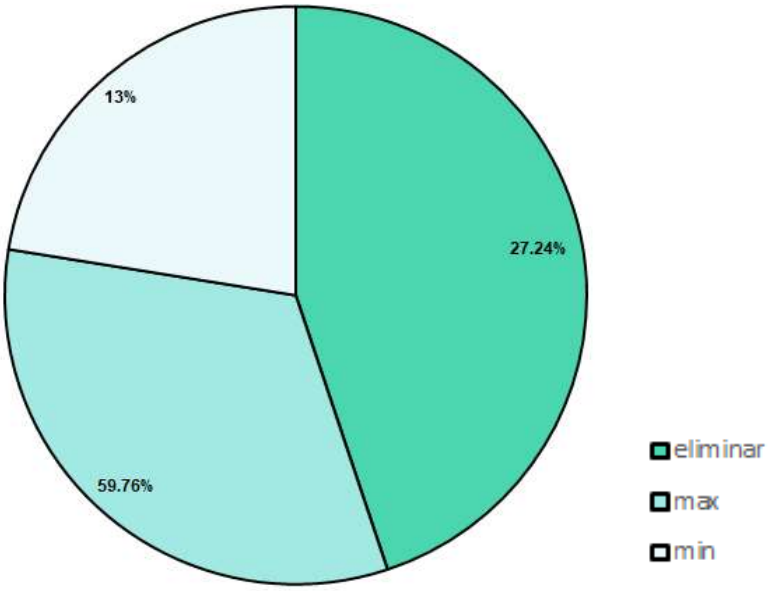


Figure 0-5 Pays de catividades de valor de las máquinas Lanes

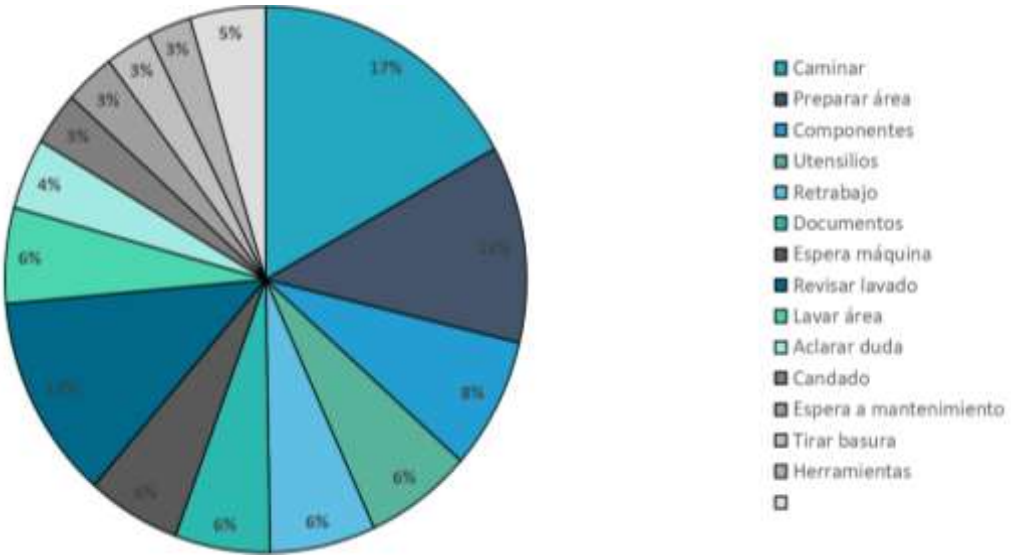
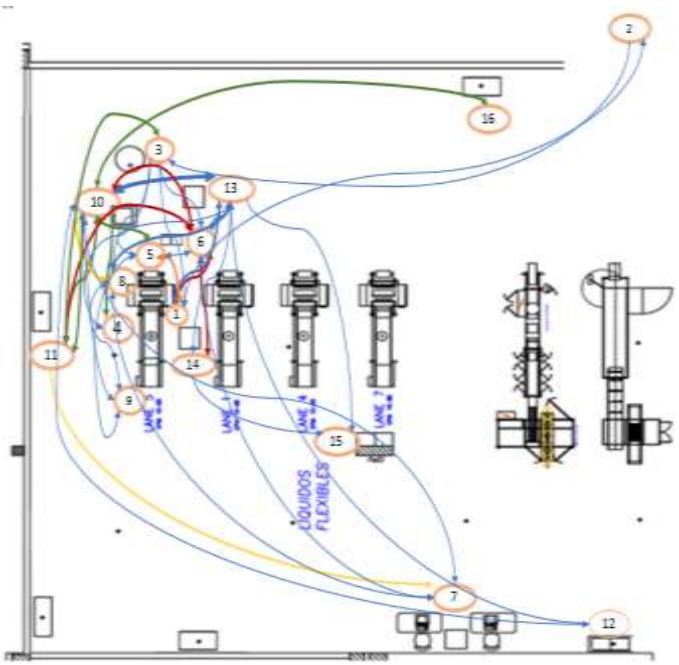


Figure 0-6 Pays de actividades de valor específicas de las máquinas Lanes

Como se puede observar en el gráfico de pay, el mayor porcentaje de actividades que no agregan valor son las de caminares; dicho esto, se realizó un diagrama de spaghetti para identificar los caminares que no agregan valor, el tiempo que se emplea y las distancias recorridas innecesarias.

En este diagrama como se muestra en la figura 2.7 se representan las estaciones que utiliza el operador durante el proceso de lavado

Table 0-1 Estaciones de Lavado del área de máquinas a enfoque



N	Estaciones
1	Tablero de Lane
2	Almacén de químicos
3	Tanque intermedio
4	Lado derecho de Lane
5	Parte trasera de Lane
6	Cajas de lavado
7	Estación de candado
8	Área de tolva
9	Parte frontal de Lane
10	Detector de metales
11	Estante de limpieza
12	Lavamanos
13	Mesa de lavado
14	Mesa de Lane
15	Peso y caducidades
16	Carrito de cartón

Figure 0-7 Distribución de caminares en las máquinas a enfoque

Se puede concluir que el 12% representan los caminares del tiempo total en promedio de lavado.y de este 12%, el 68% de los caminares no agregan valor. En total hubieron 124 movimientos representados en 38.6 minutos y recorrieron una distancia total de 746 metros.

En la siguiente gráfica se muestran los rubros de caminares que no agregan valor, y los tres principales son: caminar por componentes, utensilios y químicos. Todo el gráfico de pay están representados 22.38 minutos de actividades sin valor agregado.

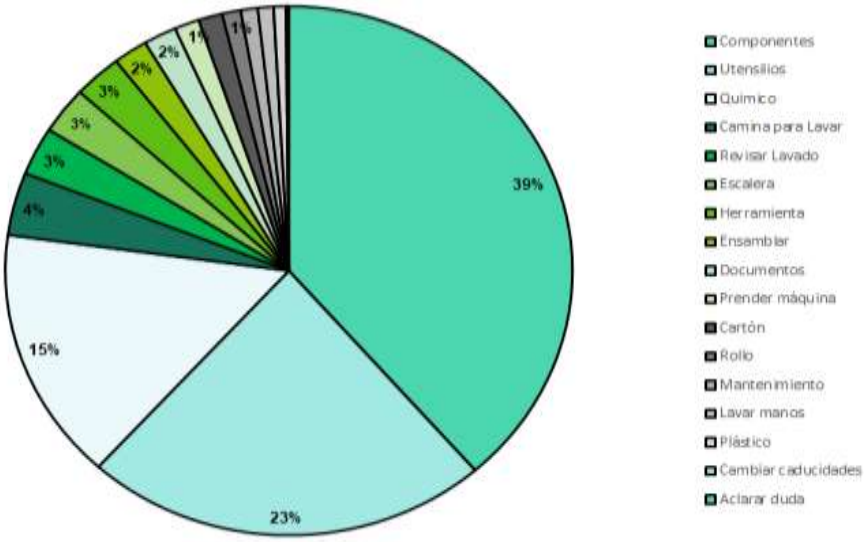


Figure 0-8 Pay de caminares específicos realizados en el lavado en las máquinas Lanes

4.1.3 Configuración de arranque por cambio de producto

Se ejecutó el mismo procedimiento en el paro por configuración de arranque. Se hizo con base en una muestra de seis tomas de tiempos de configuración de arranque completa, definidos y a detalla para ver

lo que pasa en el proceso, además junto con los datos de tomas de tiempos históricos se complementó a una muestra representativa de 626 datos de las tomas de tiempo considerando las máquinas del área de líquidos y botellas para realizar un histograma para verificar si los tiempos de configuración son o no son normales, lo cual se puede demostrar que efectivamente no son normales; y un diagrama de caja y bigotes con una muestra de 259 con los tiempos de las máquinas Lanes para ver la dirección en que se sesgan los tiempos.

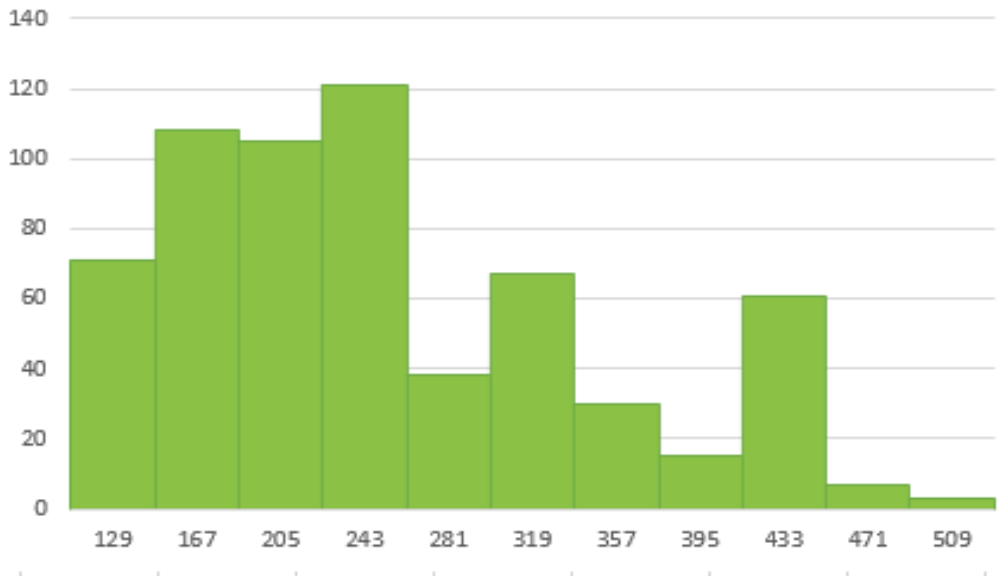


Figure 0-9 Histograma de tiempos de lavado del área de líquidos y botellas

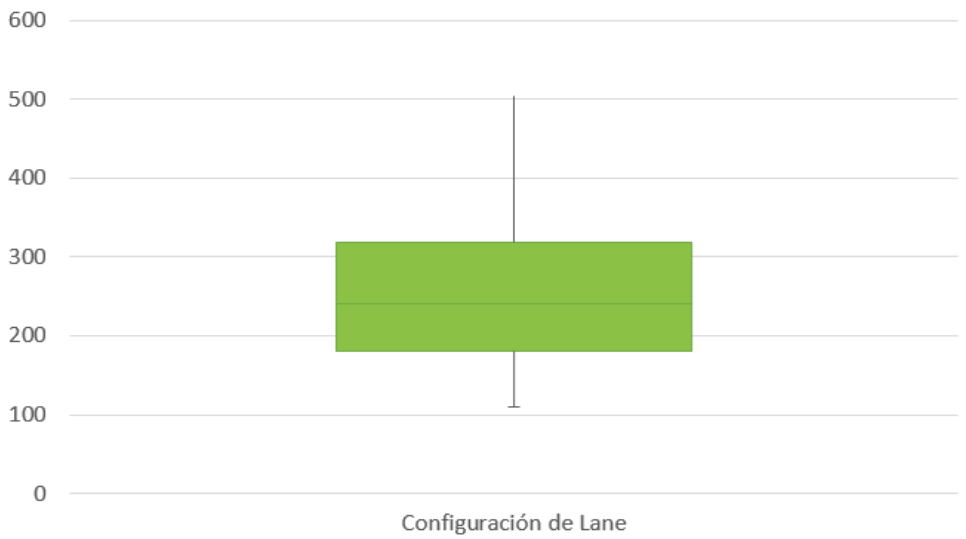


Figure 0-10 Diagrama de caja y bigotes de tiempos de configuración de arranque de máquinas Lanes

Además de que los tiempos no se comportan de manera normal, se puede identificar que en el diagrama de caja y bigotes los tiempos de las Lanes están sesgadas al extremo inferior.

De igual manera que en lavados se plasmaron en un Value Stream Map los promedios de los tiempos de las Lanes por cada subproceso de configuración de arranque separando las actividades que agregan y no agregan valor, esto con el fin de detectar los subprocesos donde existen actividades que se requieren eliminar y el procedimiento donde existe el cuello de botella.

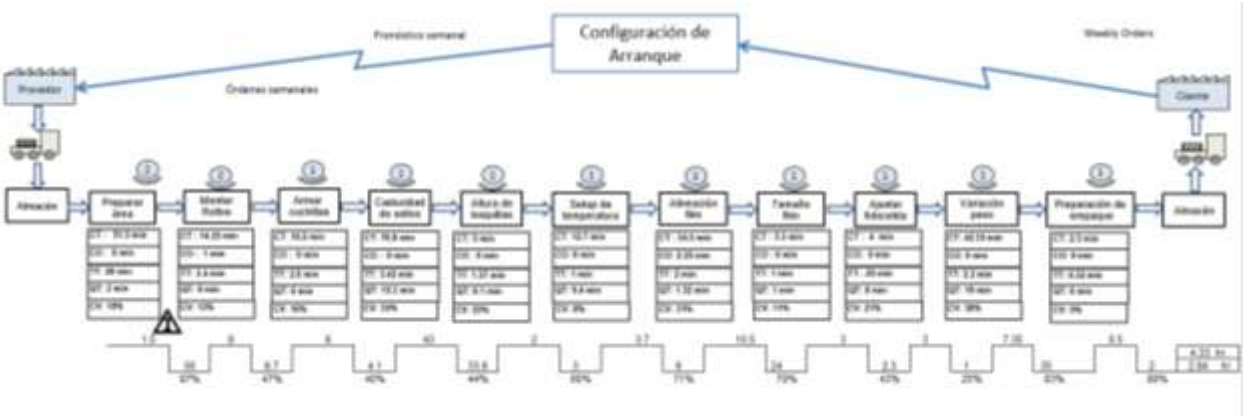


Figure 0-11 Mapeo de flujo de valor promedio de tiempos de configuración de arranque de las máquinas Lanes

El VSM se hizo con un promedio de una muestra de seis tomas de tiempos y se dividieron por cada subproceso.

Configuración de arranque tiene 11 subprocesos:

1. preparar área
2. montar rollos
3. armar cuchillas
4. sellos de caducidad
5. altura de boquillas
6. setup de temperatura
7. alineación film
8. tamaño film
9. ajustar fotocelda
10. variación de peso
11. preparación de empaque

De este VSM se puede percatar que el tiempo total en promedio de cada configuración es de 4.33 horas, lo cual representa el doble del tiempo considerado en el plan de producción y de esas 4.33 horas 2.84 horas no agregan valor.

En los subprocesos con mayor número de retrabajos y de actividades que no agregan valor son: preparar área, sellos de caducidad, alineación film y variación de peso y el cuello de botella se presenta en variación de peso.

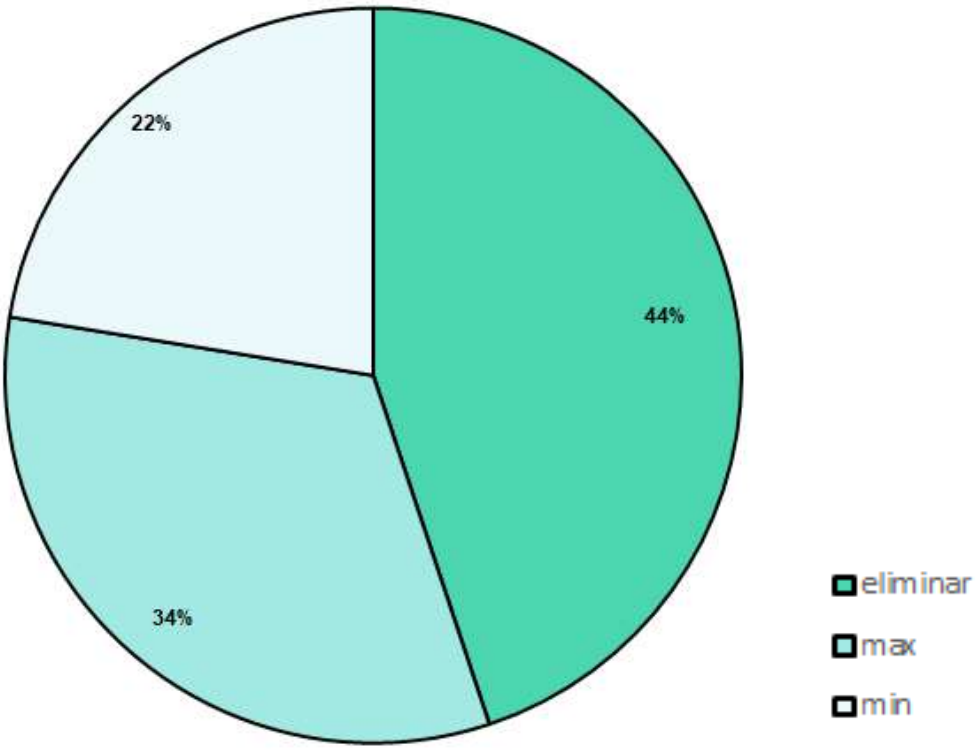


Figure 0-12 Pays de actividades de valor de las máquinas Lanes

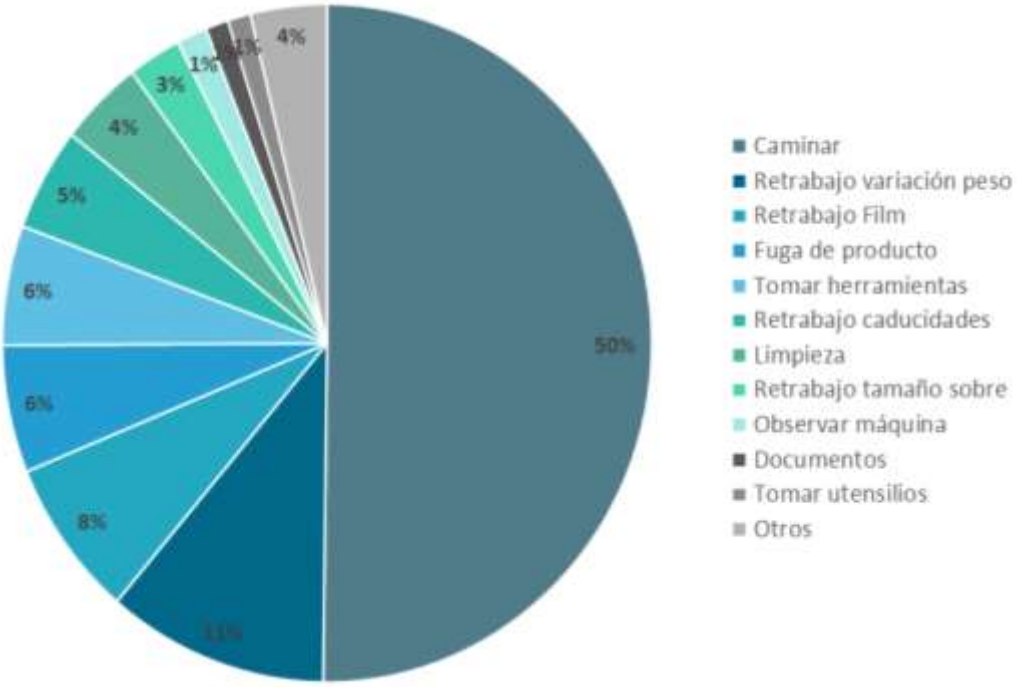
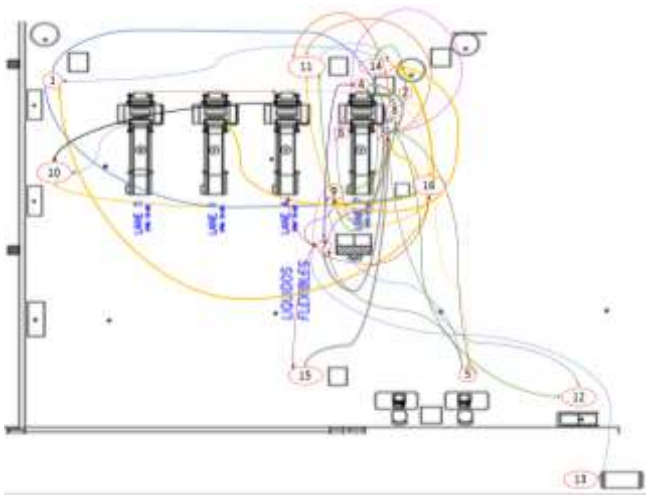


Figure 0-13 Pays de actividades de valor de las máquinas Lanes

Como se puede observar en el gráfico de pay el mayor porcentaje de actividades que no agregan valor es el de caminares al igual que en el proceso de lavado, dicho se realizó un diagrama de spaghetti para identificar los caminares que no agregan valor, el tiempo que se emplea y las distancias recorridas innecesarias.

Table 0-2 Estaciones de configuración de arranque del área de líquidos y botellas



N	Estaciones
1	Almacén temporal
2	Tanque intermedio
3	Tablero derecho (caja herramientas)
4	Parte trasera de Lane
5	Checklist de Caducidades
6	Tablero izquierdo de máquina
7	Computadora y báscula
8	Área de tolva
9	Banda transportadora
10	Estante de limpieza
11	Carro de cartón
12	Lavamanos
13	Baños
14	Área trasera de tanque
15	Área de tolva
16	Mesa de trabajo

Figure 0-14 Distribución de caminares en las máquinas Lanes

Se puede concluir que el 15% representan los caminares del tiempo total en promedio de lavado.y de este 15%, el 45% de los caminares no agregan valor. En total hubieron 132 movimientos representados en 37.56 minutos y recorrieron una distancia total de 26.73 metros.

En la siguiente gráfica se muestran los rubros de caminares que no agregan valor, y los tres principales son: caminar por utensilios, para platicar y herramientas. Todo el gráfico de pay están representados 17 minutos de actividades sin valor agregado.

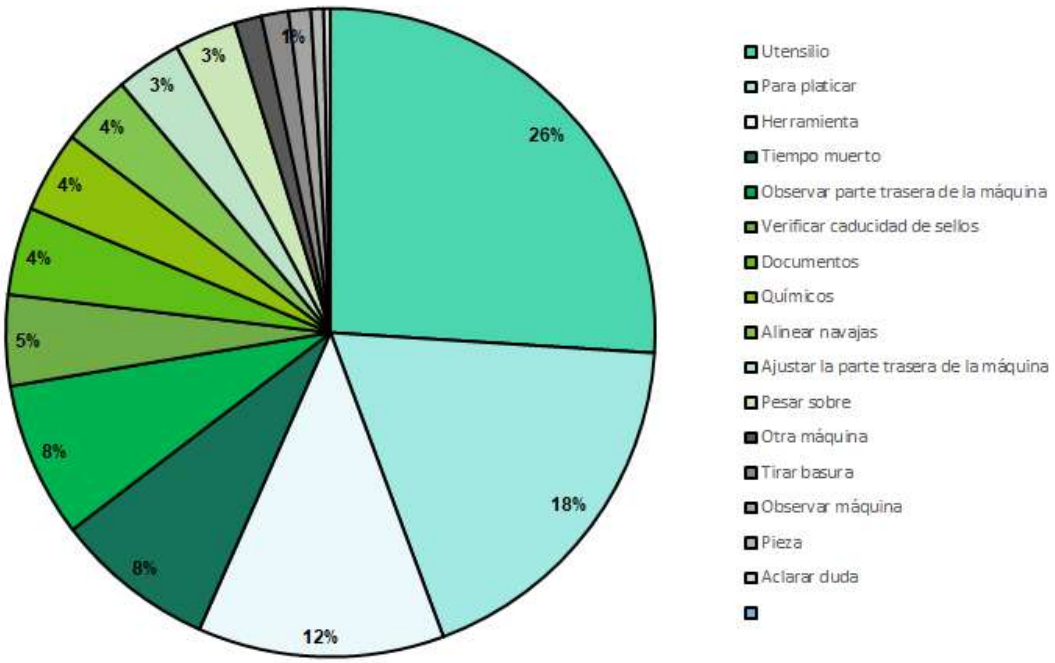


Figure 0-15 Pay de caminares específicos realizados en el lavado en la máquina Lane

4.2 Validación de información

Como se puede observar en el histograma de lavados(Figura 2.2), existe una alta variación en los tiempos de este proceso. Por lo que se generó una hipótesis, en la que los lavados dependen de la viscosidad o consistencia de cada producto.

Para comprobar esto, se realizó una regresión entre la viscosidad y la consistencia por SKU, debido a que la empresa emplea estos dos conceptos para la descripción de las características de los alimentos. Esta regresión se puede apreciar en la Figura 26. Esto para determinar si las variables se relacionan entre sí y calcular la viscosidad para todos los SKUs.

En este análisis se obtuvo una r cuadrada de 98%, lo cual indica que ambas variables se relacionan.

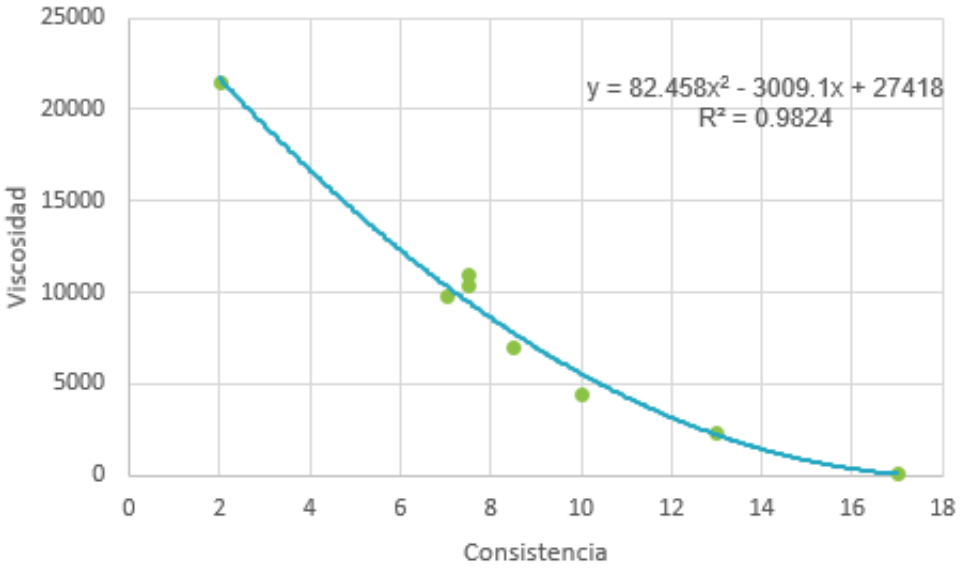


Figure 0-16 Regresión viscosidad vs consistencia

Con esta regresión se calculó la viscosidad para cada uno de los SKUs que se manejan en el área de líquidos y botellas. Posteriormente, para confirmar la hipótesis que la viscosidad describe los tiempos lavado se realizó una regresión, la cual se puede apreciar en la Figura 2.17.

Posteriormente se realizó una regresión para ver si el tipo de máquina te describe los tiempos de lavados como se puede apreciar en la Tabla 2.3. En la tabla 2.4 se aprecia el impacto que tienen ambos factores sobre los tiempos de lavado.

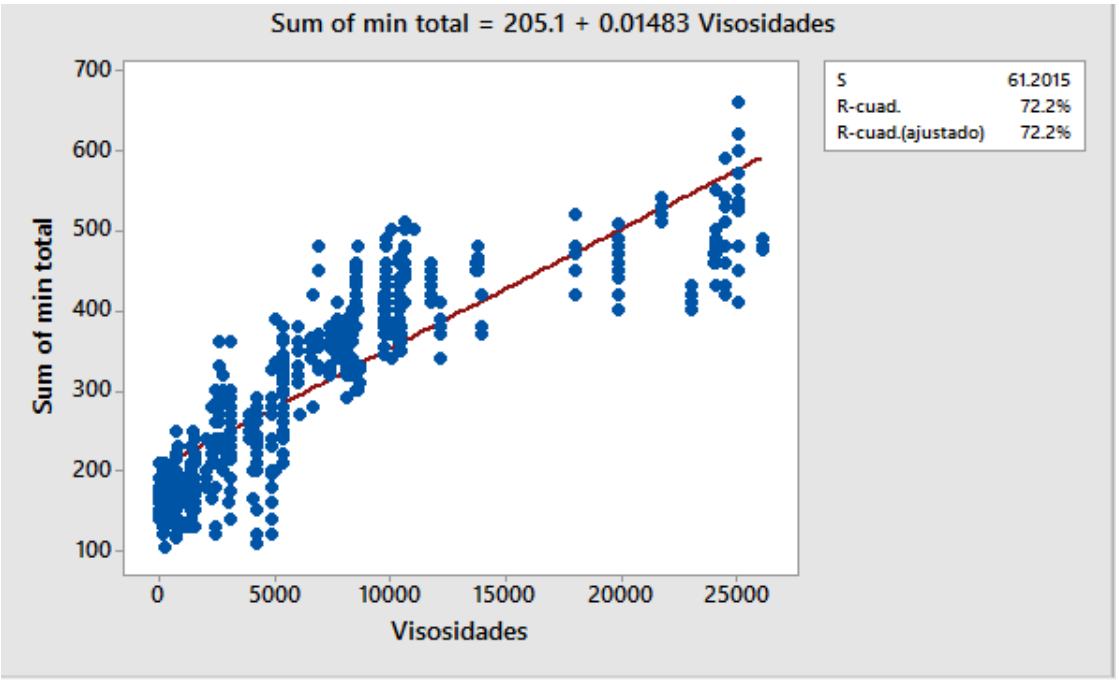


Figure 0-17 Regresión de viscosidad vs tiempo de los lavados

Analizando la figura 2.17,se concluye que un factor importante para dividir los tiempos de lavado es la viscosidad, lo cual se realizará más adelante por medio de un análisis de conglomerados.
A continuación se describe la tabla del ANOVA para el factor máquina.

Table 0-3 ANOVA de la regresión de tipo de máquina sobre el tiempo del lavado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	807128	269043	22.01	0.000
Máquina	3	807128	269043	22.01	0.000
Error	622	7604826	12226		
Total	625	8411954			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
110.573	9.60%	9.16%	8.85%

Como se puede apreciar en el ANOVA el factor tipo de máquina es representativo; y este te describe el 8.85% de los tiempos de lavado.Por lo tanto los tiempos de lavado se deben de dividir entre tipo de máquina. A continuación en la tabla 2.4, se realizó el mismo ejercicio pero con los dos factores “Viscosidad” y “Máquina”.

Table 0-4 ANOVA de regresión de viscosidad y tipo de máquina sobre el tiempo de lavado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	6563697	1640924	551.34	0.000
Visosidades	1	5756569	5756569	1934.16	0.000
Máquina	3	489010	163003	54.77	0.000
Error	621	1848257	2976		
Falta de ajuste	75	1170300	15604	12.57	0.000
Error puro	546	677957	1242		
Total	625	8411954			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
54.5551	78.03%	77.89%	77.71%

Sumando estos dos factores se puede apreciar que ambos describen los tiempos de lavado con una r cuadrada ajustada de 77.89%.
Con estas hipótesis confirmadas se procedió con un análisis de conglomerados para cada tipo de máquina, para la máquina Pouches sobsérvese la Figura 2.18 con el objetivo de agrupar en familias a los diferentes SKUs y observar si la variabilidad de las familias se comporta de forma normal, reduciendo la variabilidad.

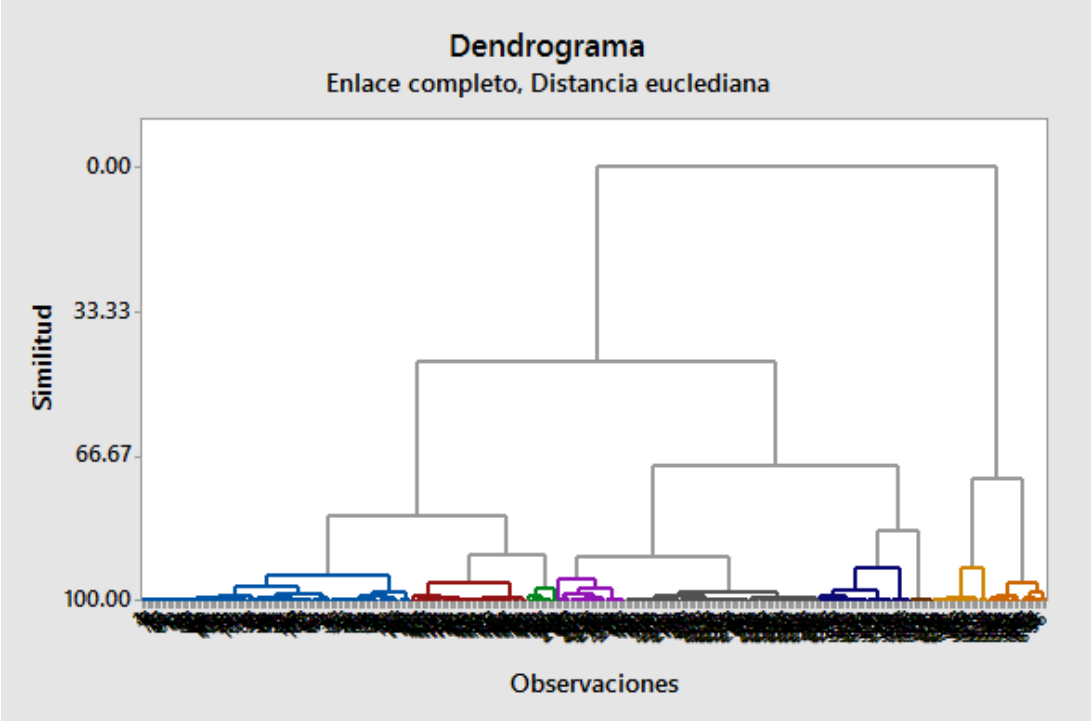


Figure 0-18 Dendograma de máquina Lane

Como se puede apreciar en el Figura 2.18, el análisis empleado fue un análisis multivariado, en el cual

se realizó un conglomerado de observaciones con las variables “Tiempo de lavado en minutos” y “Viscosidad”. Esto con un método de vinculación completo y con la medición de distancias en Euclidiano.

Se analizó la tabla de pasos de aglomeración y se analizó el nivel de semejanza, con el cual se observó que con 9 grupos se tiene un nivel de semejanza superior a 90%, por lo cual se decidió un dendograma de 9 conglomerados.

Posteriormente con este análisis se realizó un ANOVA de un variable para la máquina Pouches analizando el conglomerado obtenido vs los tiempos de lavado. El resultado de esto se aprecia en la Tabla 2.5.

Table 0-5 ANOVA de un variable para la máquina LANE analizando el factor conglomerados

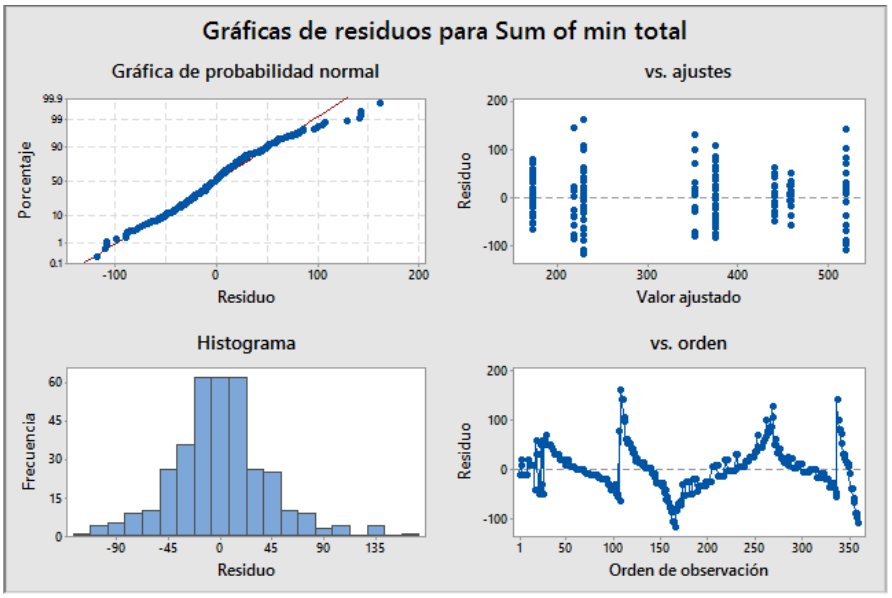
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
conglomerado	8	5115746	639468	356.55	0.000
Error	350	627716	1793		
Total	358	5743463			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
42.3494	89.07%	88.82%	88.37%

Figure 0-19 Gráfica de residuos para tiempo de lavado en minuto



Como se puede apreciar en la Tabla.2.5, los conglomerados explican 88% los tiempos de lavado lo cual es significativo. De igual manera, observando la gráfica de residuos(Figura 2.19), podemos observar con el histograma y la regresión que el error se distribuye de forma normal.No existe un patrón o existe independencia en los datos, como se aprecia en la Gráfica Vs. Orden. Además que la varianza es constante como se aprecia en la Gráfica vs. Ajustes.

Realizando la comparación de parejas de Tukey, para analizar si los datos pueden agruparse más, se obtuvo lo siguiente como se aprecia en la Tabla 2.6

Table 0-6 Comparaciones en parejas de Tukey con un nivel de confianza de 95%

conglomerado	N	Media	Agrupación				
9	23	519.6	A				
6	22	457.64		B			
8	9	457.22		B			
7	36	440.14		B			
5	77	375.25			C		
4	27	351.67			C		
2	46	228.70				D	
3	12	217.9				D	
1	107	171.86					E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Como se puede apreciar en la Tabla 2.6, el total de familias de tiempo de lavado que existe en Pouches es de 5. Para validar estas familias, se realizó la prueba de normalidad para cada una de ellas con la prueba Anderson-Darling. Los resultados de este análisis se pueden apreciar en la Figura 2.20, 2.21, 2.22, 2.23 y 2.24.

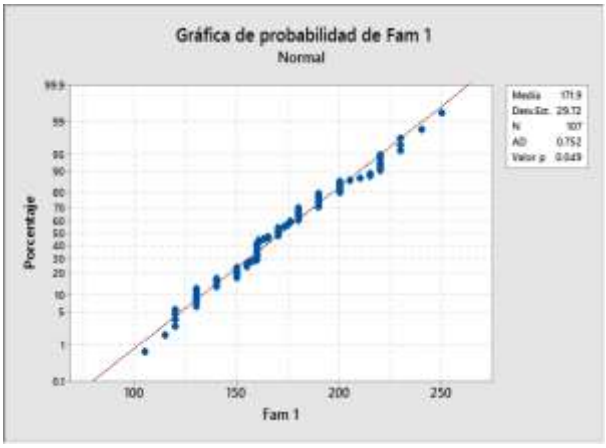


Figure 0-20 Gráfica de probabilidad para la Familia 1

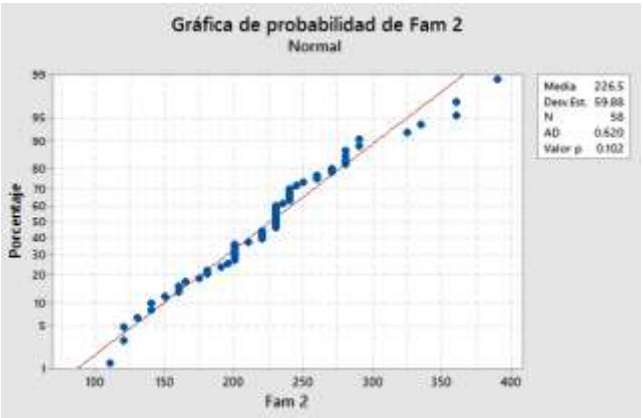


Figure 0-21 Gráfica de probabilidad para la Familia 2

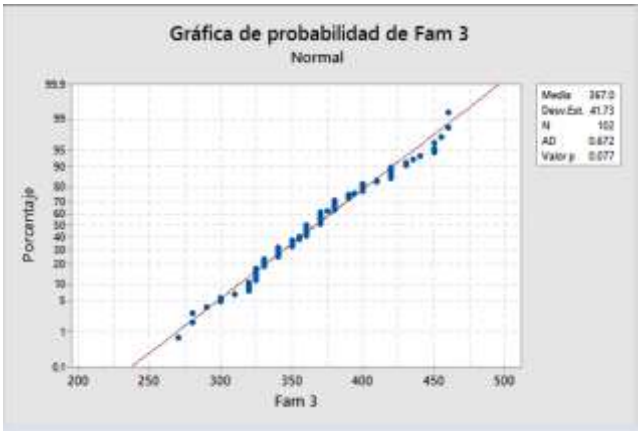


Figure 0-22 Gráfica de probabilidad para la Familia 2

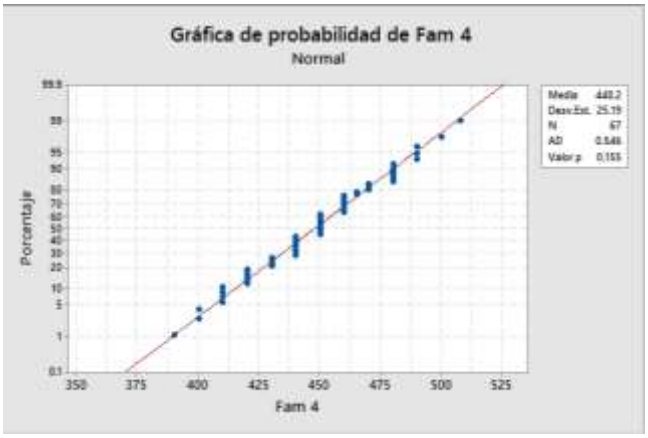


Figure 0-23 Gráfica de Probabilidad para la Familia 4

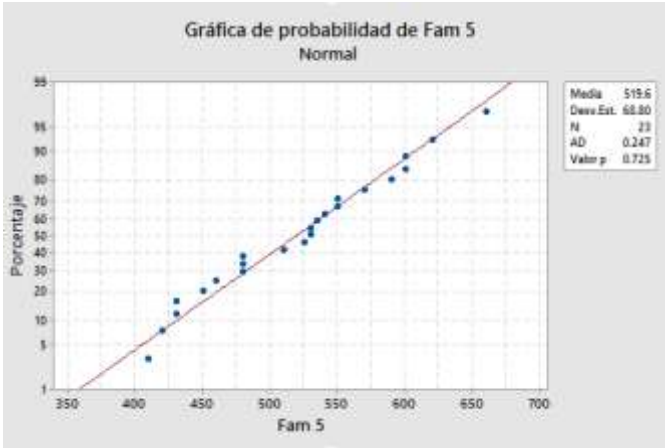


Figure 0-24 Gráfica de probabilidad para la Familia

Como se puede apreciar en la prueba de normalidad todas las familias se distribuyen de forma normal, puesto que el p_value debe ser mayor que alfa o en este caso .05, para que no se rechaza la hipótesis nula o en otras palabras que el error si se distribuye de forma normal.

Se realizó el mismo ejercicio para todas las máquinas, empezando con un análisis de conglomerados. Posteriormente, con los conglomerados obtenidos se realizó el ANOVA de una variable validando que el p_val del conglomerado sea igual a 0, lo cual significa que al menos uno de los conglomerados es distinto a los demás. Con esto, proceder a realizar la prueba de Tukey para obtener la agrupación final de las familias. Con estas se realizó la prueba de normalidad para validar que las familias estén

correctamente formadas, a continuación se muestran los resultados de la familia de la máquina tipo Empac, en las Figura 2.25 y Figura 2.26.

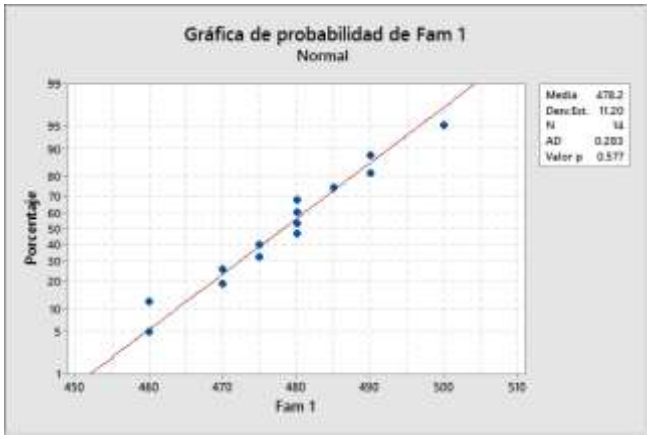


Figure 0-25 Gráfica de probabilidad para la Familia 1

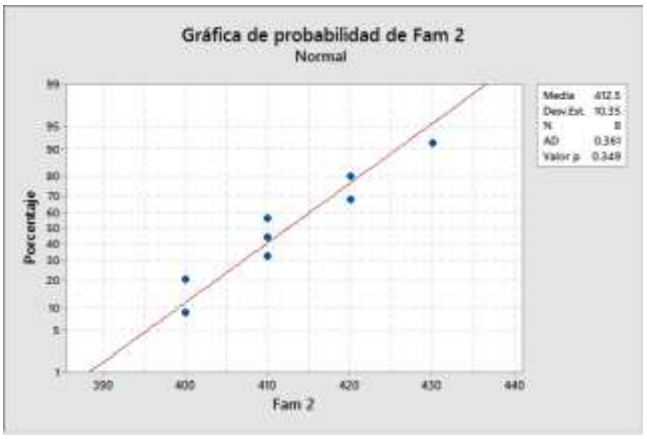


Figure 0-26 Gráfica de probabilidad para la Familia 2

Observando los resultados obtenidos, se concluye que todas las familias de la máquina Empac se distribuyen de forma normal, puesto que el p_value debe ser mayor que alfa o en este caso .05, para que no se rechaza la hipótesis nula o en otras palabras que el error si se distribuye de forma normal. A continuación se muestra el mismo análisis para las familias obtenidas para la máquina tipo Equitec

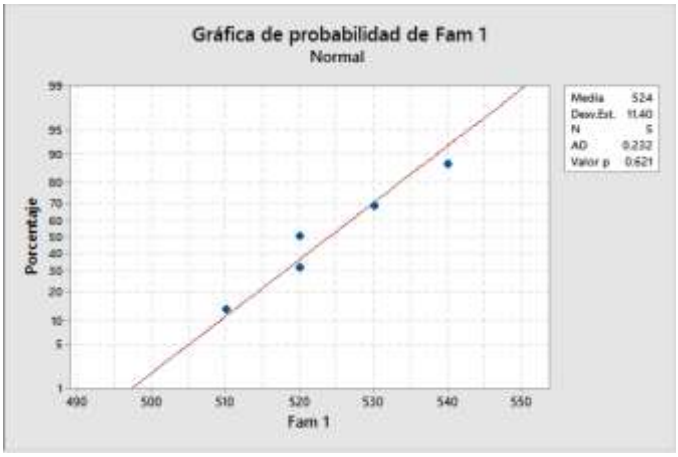


Figure 0-27 Gráfica de probabilidad para la Familia 1

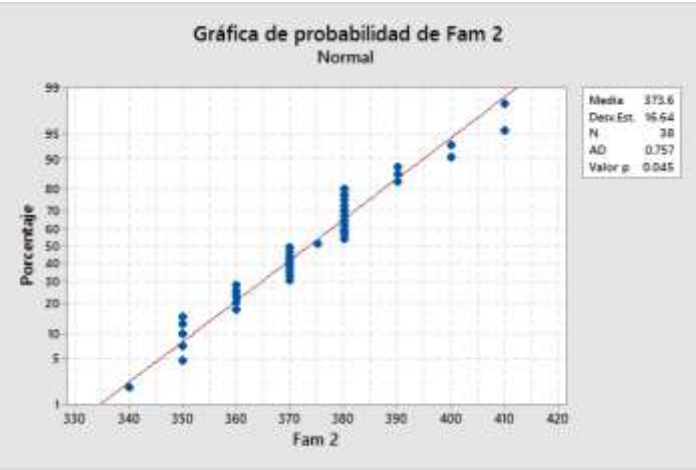


Figure 0-28 Gráfica de probabilidad para la Familia 2

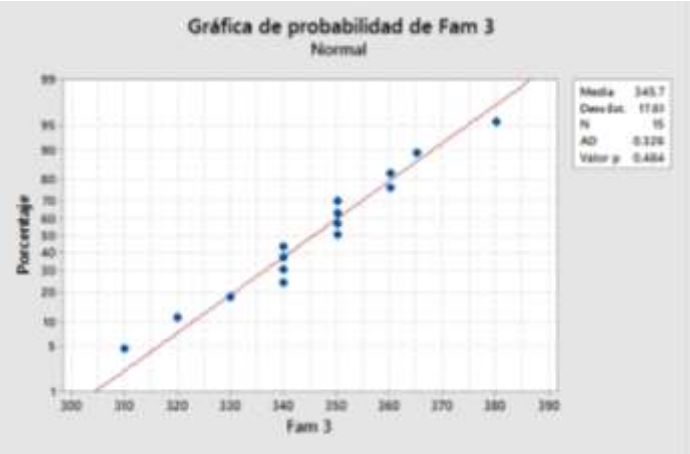


Figure 0-29 Gráfica de probabilidad para la familia 3

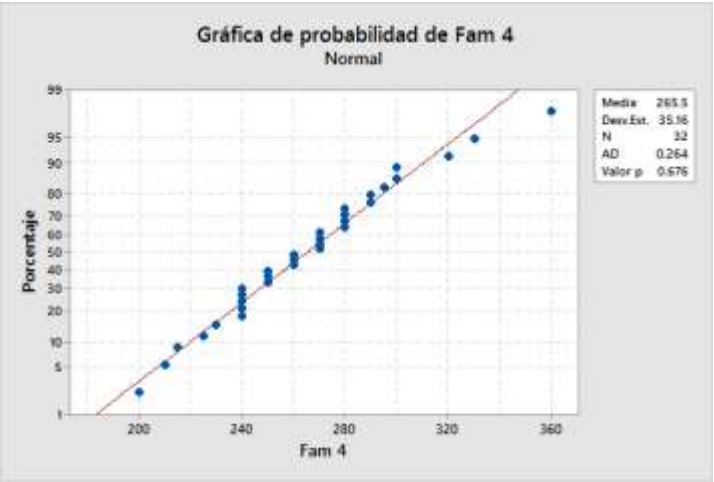


Figure 0-30 Gráfica de probabilidad para la Familia 4

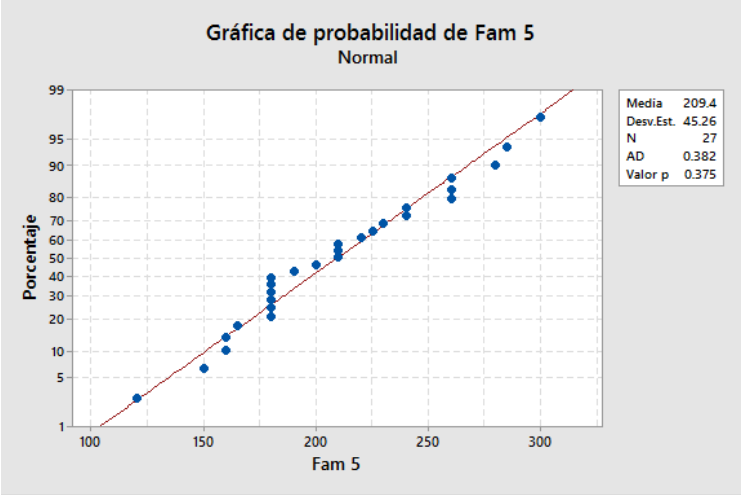


Figure 0-31 Gráfica de probabilidad para la Familia 5

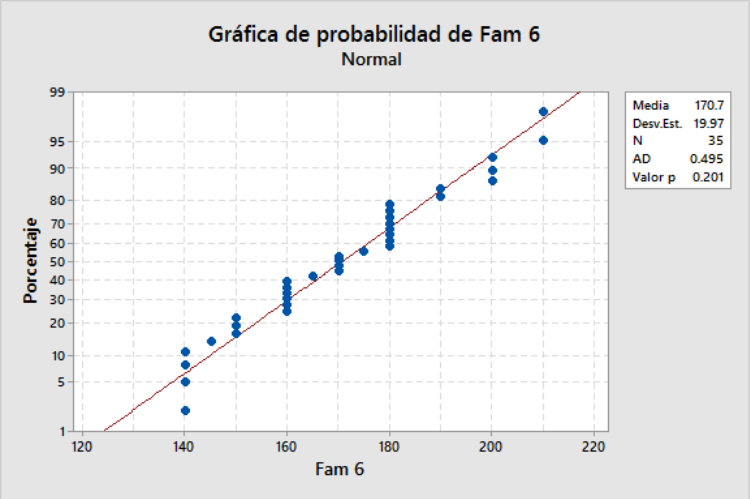


Figure 0-32 Gráfica de probabilidad para la Familia 6

Analizando los resultados del p_values, se concluye que todas las familias de la máquina Equitec se distribuyen de forma normal el error, puesto que el p_value debe ser mayor que alfa o en este caso .05, para que no se rechaza la hipótesis nula o en otras palabras que el error si se distribuye de forma normal. A continuación se muestra el mismo análisis para las familias obtenidas para la máquina tipo Newpack:

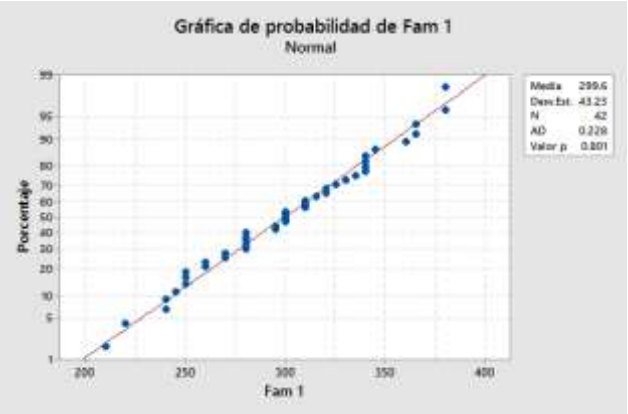


Figure 0-33 Gráfica de probabilidad para la Familia 1

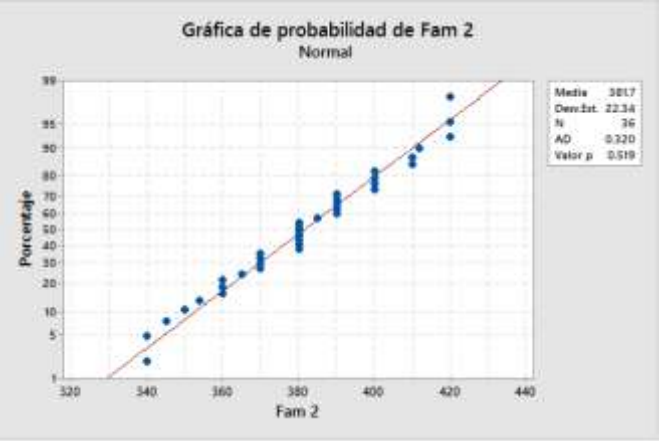


Figure 0-34 Gráfica de probabilidad para la Familia 2

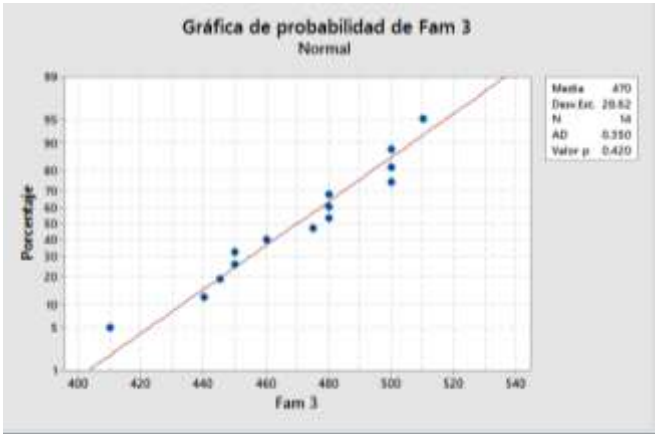


Figure 0-35 Gráfica de probabilidad para la Familia 3

Analizando estos resultados se concluye que las familias de la máquina Newpack siguen una distribución normal. Concluyendo, este análisis de familias nos permitirá agrupar los tiempos de Lavado para la propuestas de implementación que se presentará más adelante.

4.3 Identificación de Causas Raíz

Una vez teniendo la información recopilada y haber calculado y entendido la situación actual se hizo un análisis de síntomas SMART utilizando los 5 porqués y se plasmaron en un diagrama de Ishikawa utilizando las seis m's.

Por otro lado, en este diagrama se puede apreciar que las ramas con mayor cantidad de síntomas se encuentra en método y máquina.

Tras hacer el diagrama de Ishikawa se detectaron 15 causas raíz:

1. El plan de producción se construye sin un razonamiento matemático y de forma manual.
2. No hacen el mantenimiento preventivo.
3. Los rangos de calidad no fueron definidos considerando la variación del proceso en planta.
4. No existe una herramienta ergonómica para evitar lesiones a largo plazo.
5. Las actividades realizadas en la configuración no siguen un proceso estándar.
6. Las herramientas no están clasificadas para cada subproceso dentro de la configuración de arranque.

7. No se cuenta con un método estandarizado para alinear boquillas.
8. No hay un medio formal el cual facilite la comunicación entre operarios y supervisores.
9. Ausencia del esquema de mejoramiento administrativo.
10. No existe una herramienta que facilite la actividad de llenado de agua para tanque y tinas en lavados de Lane.
11. Las actividades realizadas en el lavado no siguen un proceso estándar.
12. Las herramientas no están clasificadas para cada subproceso dentro de lavado.
13. El sub-proceso de desarmado de piezas de la Lane durante el lavado no tiene un orden ni clasificación de piezas óptima.
14. La técnica de lavado desgasta las boquillas.
15. Los operarios no cuentan con un método que facilite el alcance de las herramientas a utilizar en el proceso de lavado de Lanes.

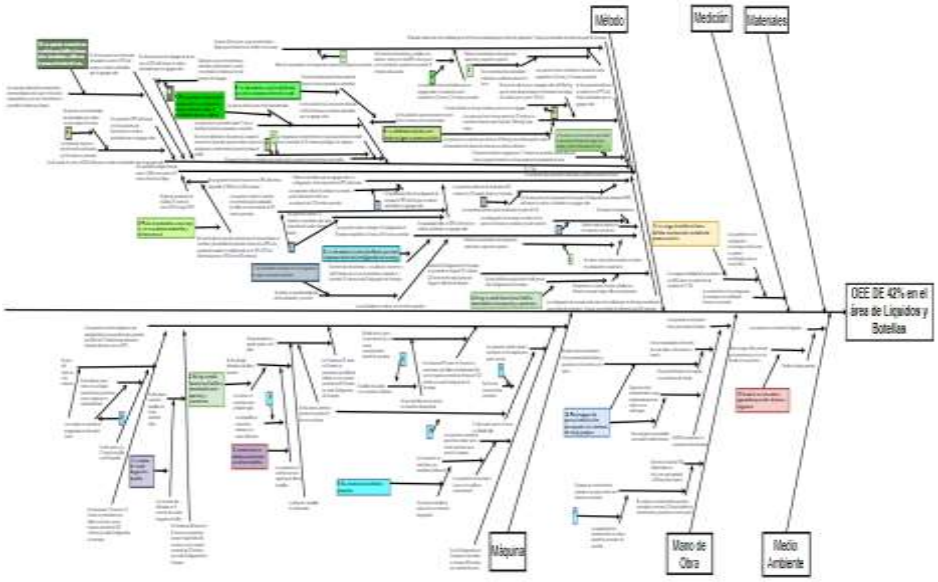


Figure 0-36 Diagrama de Ishikawa

Para la priorización de Causas Raíz empleamos los datos obtenidos en los gráficos de pays y de los VSM para estimar el efecto sobre el OEE. A continuación se muestra la tabla 13, con el resultado de este análisis.

Table 0-7 Priorización de Causas Raíces

Tipo	Causa Raíz	% NVA	Tiempo NVA Total	% caminar	Tiempo Caminar Total	Tiempo (Min) por config o Lavado	Tiempo total(Min)
Método	1. Las actividades realizadas en la configuración no siguen un proceso estándar	100%	170.4	100%	16.9	187.3	1 17,249.8 =626*197.3

Método	5. Las actividades realizadas en el lavado no siguen un proceso estándar	100%	131.81	1.00	22.38	154.19	9 6,522.94
Método	8. El plan de producción se construye sin un razonamiento matemático y de forma manual					10% del tiempo disponible	70,777.1
Máquina	9. No hacen el mantenimiento preventivo (sumando retrabajos en tipo act config)	26.24%	170.4			44.1	2 7,990.31
Mano de obra	12. Ausencia del esquema de mejoramiento administrativo	10%	302.21	10%	76.22	37.843	2 3,689.72
Método	2. No hay un medio formal el cual facilite la comunicación entre operarios y supervisores(Lavado)	7.32%	131.81	8.54%	22.38	22.75	14 ,245.58
Medición	15. Los rangos de calidad no fueron definidos considerando la variación del proceso en planta.	11.03%	170.4	3%	16.9	19.31	12 ,089.07
Método	7. El sub-proceso de desarmado de piezas de la Lane durante el lavado no tiene un orden ni clasificación de piezas óptima	11.66%	131.81	12%	22.38	18.05	11 ,302.21
Método	2. No hay un medio formal el cual facilite la comunicación entre operarios y supervisores(Config)	1.52%	170.4	19%	16.9	17.54	10 ,984.87
Método	3. Las herramientas no están clasificadas para cada subproceso dentro de la configuración de arranque.	5.70%	170.4	12%	16.9	11.74	7, 353.39

Máquina	10. se cuenta con un método estandarizado para alinear boquillas	6.46%	170.4			11.00784	6, 890.91
Método	4. No existe una herramienta que facilite la actividad de llenado de agua para tanque y tinas en lavados de Lane.	5.67%	131.81	0.10	22.38	9.71	6, 079.48
Método	6. Las herramientas no están clasificadas para cada subproceso dentro de Lavado	3%	131.81	3%	22.38	4.65	2, 912.19
Medio Ambiente	14. No existe una herramienta ergonómica para evitar lesiones a largo plazo			9%	22.38	2.01	1, 260.89
Máquina	11. La técnica de Lavado desgasta las boquillas			0.76%	16.9	0.12	80 .45

Como se puede apreciar en esta tabla de priorización las causas raíz que parecen ser prioridad son las siguientes la 1, la 5, la 8 y la 9. Esto se identificó y corroboró por medio de un pareto.

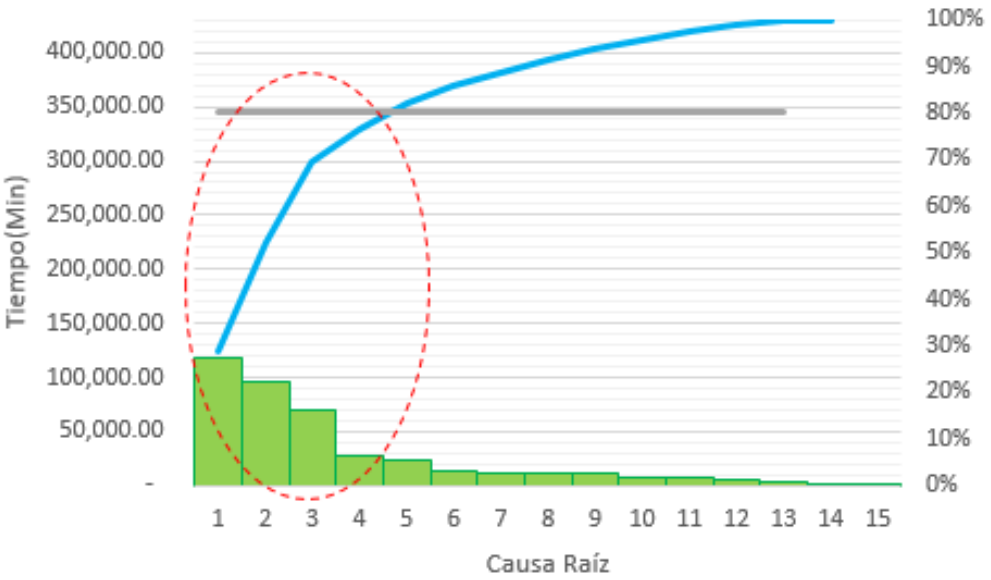


Figure 0-37 Priorización de causas raíz Enero-Mayo2019

Analizando la figura 47 y la tabla 13, las causas raíz que nos arroja esta priorización son las siguientes:

1. Las actividades realizadas en la configuración no siguen un proceso estándar
5. Las actividades realizadas en el lavado no siguen un proceso estándar
8. El plan de producción se construye sin un razonamiento matemático y de forma manual
9. No hacen el mantenimiento preventivo.

Por consiguiente, el proyecto va ir enfocado a la resolución de estas cuatro causas raíz.

CAPÍTULO 5

FLUJO

5.1 Diseño de soluciones

En esta fase de la investigación cae en la etapa de flujo de la metodología donde se busca realizar un trabajo estandarizado en los procesos de los paros principales de línea, implementando también las 5's y estableciendo parámetros en la configuración de arranque, esto con el fin de incrementar la disponibilidad en 11 puntos porcentuales. Así mismo se implementará un modelo de secuenciación considerando las familias de productos para incrementar la eficiencia en 12 puntos porcentuales.

Se realizó una lluvia de ideas con los operarios de la empresa para revisar qué soluciones podemos implementar para atacar las distintas causas raíz. Además, se comentaron estas soluciones con el gerente de planta y el área de mejora continua de la empresa para revisar cual de ellas tienen un mayor impacto y generan un menor costo de inversión. Estas soluciones se pueden apreciar a continuación en la Tabla 14.

Table 0-1 Lluvia de ideas por causa raíz

Causas raíz	Soluciones			
Las actividades realizadas en la configuración no siguen un proceso estándar	Comunicación	Ayuda visual	Fechador	Lentes
	Instructivo de trabajo	Capacitación	Separador de herramientas	Soldar boquillas
Las actividades realizadas en el lavado no siguen proceso estándar	Mesa lavado	Manguera		Carrito con químicos
	Instructivo de trabajo	Mesa mtto.		Guante
El plan de producción se construye sin un razonamiento matemático y de forma manual	Modelo de secuenciación de la producción			
No se hace mantenimiento preventivo				

Las propuestas descritas en la tabla 3.1 van desde soluciones con mejoras físicas hasta mejoras estructurales de procesos. Adicional a estas se propone un modelo de secuenciación para mejorar la eficiencia y disponibilidad, reduciendo la diferencia entre el programa de producción y los tiempos reales de operación.

A continuación se detallarán cada una de las soluciones para la primer causa raíz "las actividades realizadas en la configuración no siguen un proceso estándar".

1. Instructivo de trabajo: se realizaron 6 observaciones de configuración de arranque para establecer un instructivo de trabajo con un orden lógico, estableciendo cada una de las actividades a realizar con sus respectivas herramientas. Este instructivo de trabajo se muestra a continuación en la figura 3.1.

Figure 0-1 Instructivo de configuración de arranque

.

2. Comunicación

Ésta solución surge ante la necesidad de que los operarios deben esperar 33 minutos por configuración de arranque, debido a que no cuentan con los rollos o tanques externos para poder comenzar con este proceso. Por lo tanto, se optó por establecer en el instructivo de trabajo de lavado (Figura 48 en el punto 6.13), que los operarios comuniquen con anticipación al supervisor o facilitador que van a requerir estos materiales. Por otro lado, se propone la utilización de walkie talkies para agilizar esta comunicación entre operario-supervisor u operario-facilitador. Esta solución tiene un costo de $60 MXN.

3. Ayuda visual

Se observó que los operarios tardan 43 minutos en realizar únicamente retrabajos en los subprocesos de: fotocelda, altura de navaja y tamaño de sobre. Dado a ello se optó por colocar ayudas visuales.

Primero, se colocó una regla en las lanes en la parte de la leva donde se ajusta el tamaño de sobre debido a que los operarios realizan este subproceso “a prueba y error”.

Con la ayuda de esta regla los operarios tienen mayor precisión y se busca omitir los retrabajos. Segundo, se colocó una tabla en una hoja enmicada, con las medidas y gramaje requerido con su respectivo SKU. Además se colocaron otras tres tablas para la ayuda visual de fotocelda, variación de peso y altura de navaja con los mismos SKU y sus respectivas medidas para cada subproceso.

Figure 0-2 Reglas para configuración de arranque en Leva de tamaño sobre

Figure 0-3 Ayuda visual para Leva de tamaño sobre

.

4. Capacitación

Una vez implementando las soluciones, mediante el instructivo de trabajo que es el medio donde están escritos los cambios en el proceso y mejoras, se les impartirá una capacitación a los operarios de los tres turnos para que comprendan la función de los kaizen y se pueda cumplir el objetivo del proyecto.

5. Fechador

Uno de los cuellos de botella en la configuración de arranque más críticos es el hecho de cambiar las caducidades de cada producto en el troquel de caducidades, por la razón de que éste subproceso es tedioso y requiere de paciencia y tiempo ya que el operario debe colocar pieza por pieza y número por número, para completar la combinación de fecha de caducidad por SKU, es decir que y tardan 38 minutos en promedio. Para ello optamos por contar con piezas que ya estén unidas por día, mes y año es decir del 01 al 31 para los días, 01 al 12 para los meses y del 2019 en adelante para los años.

De esta manera se optimiza la actividad y para el operario es más fácil y rápido.

Por otro lado pero con el mismo objetivo, se optó por que el operario arme el troquel de caducidades desde el lavado en el momento en que haya tiempos muertos. para que se aproveche ese tiempo y cuando sea la configuración de arranque ya no se pierda tiempo en armar el troquel.

Figure 0-4 Adelantar troquel de caducidades durante tiempos muertos del lavado

6. Separador de herramientas

Ésta solución nace, debido que los operarios caminan por herramientas más veces que las necesarias. El tiempo a reducir es de 12.25 minutos por configuración de arranque al eliminar los caminares que no agregan valor. Esta propuesta trata de un tablero para cada una de las máquinas, donde se puedan apreciar las herramientas acomodadas por subproceso, este tablero se puede apreciar en la Figura 3.5

Figure 0-5 Separador de herramientas

Por otro lado, para la causa raíz “las actividades realizadas en el lavado no siguen un proceso estándar” se establecieron las siguientes soluciones:

1. Instructivo de trabajo: Se realizó esta solución para establecer un orden de las actividades en el proceso de lavado, detallar las acciones a realizar con sus respectivas herramientas y eliminar retrabajos o tiempos que no agregan valor. Este instructivo de trabajo se puede apreciar a continuación en la Figura 3.6.

Figure 0-6 Instructivo de trabajo-lavado

2. Manguera

En el lavado, el operario debe llenar dos veces durante el proceso como son: recipientes y tanques para enjuagar y lavar, sin embargo con esto se demoran 11 minutos de espera por lavado debido a que éste se mantiene sosteniendo la manguera hasta llenar el tanque intermedio y los recipientes. Como contramedida se colocarán temporizadores a la manguera para programar el tiempo que se requiere para completar el llenado y mientras esto ocurre, el operario puede realizar otras actividades.

.

Figure 0-7 Temporizador de agua para manguera

3. Mesa de lavado

Los operarios tardan en identificar la tubería adecuada a ensamblar, realizan trabajos y caminan por utensilios en el momento de desarme en el lavado ya que mezclan las piezas y las colocan en cualquier espacio que vean. Esto causa que se demoren en promedio 40 minutos en buscar e identificar las piezas.

Como contramedida se colocó una mesa con tres niveles y subdivisiones para que los operarios clasifiquen los componentes de cada parte de la máquina y sea más rápido identificarlos.

Figure 0-8 Mesa de lavado con divisiones

5.2. Secuenciación de actividades con valor agregado

5.2.1 Modelo de secuenciación:

El modelo desarrollado tendrá como objetivo la optimización del número de lavado con el fin de disminuir tiempos de paro por lavado por cambio de producto. A continuación en la Figura 3.9 se muestran las entradas del modelo y las salidas.

Figure 0-9 Entradas y salidas de modelo de secuenciación

Formulación del modelo

1. **Índices**

I={0, 1, 2, … n, m, u} número de lote il = {1, 2, 3, … n, m}

K={1, 2, … n} máquinas

$$Il \subset I$$

$i, j \subset Il$

$$Kl \subset K$$

1. **Parámetros**

W_{ijk} tiempo de lavado de lote i al lote j en la máquina k

dd_i fecha de entrega para el lote i

t_{0k} tiempo inicial en la máquina k

p_{ik} tiempo de producción del lote i en la máquina k

a_{ik} si el lote i es producido en la máquina k

2. **Variables**

z objetivo

t_{ik} tiempo inicial de lote i en la máquina k

3. **Variables Binarias**

$$x_{ijk}\{\boldsymbol{1}, si\ el\ lote\ j\ es\ producido\ después\ del\ lote\ i\ en\ la\ máquina\ k\}$$
$$\{\boldsymbol{0}, en\ caso\ contrario\}$$

$$y_{ik}\ \{\boldsymbol{1}, si\ el\ lote\ i\ es\ producido\ en\ la\ máquina\ k\}$$
$$\{\boldsymbol{0}, en\ caso\ contrario\}$$

$$q_{kkl}\{\boldsymbol{1}, si\ la\ máquina\ k\ va\ antes\ que\ la\ máquina\ kl\ en\ mantenimiento\}$$
$$\{\boldsymbol{0}, en\ caso\ contrario\}$$

4. Ecuaciones

$$min\ z \tag{1}$$

s.t.

$$z \geq t_{uk} \quad \forall i,k \tag{2}$$

$$t_{ik} + p_{ik} + w_{ijk} - t_{jk} \leq 500(1 - x_{ijk}) \quad \forall i,j,k \tag{3}$$

$$t_{ik} + p_{ik} \leq dd_i + 500(1 - y_{ik}) \quad \forall il,k \quad il \in I \tag{4}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ijk} = y_{ik} \quad \forall il,k \quad il \in I \tag{5}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ijk} = \sum_{j=1}^{n} x_{jik} \quad \forall il,k \quad il \in I \tag{6}$$

$$\sum_{k=1}^{n} y_{ik} = 1 \quad \forall il \quad il \in I \tag{7}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{"0"jk} = 1 \quad \forall k \tag{8}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{i"u"k} = 1 \quad \forall k \tag{9}$$

$$x_{ijk} \leq a_{ik} \quad \forall i,j,k \tag{10}$$

$$t_{ik} \geq t_{\boldsymbol{0}} \quad \forall i,k \tag{11}$$

$$x_{"u"jk} = 0 \quad \forall "u",k \tag{12}$$

$$y_{"u"k} = 1 \quad \forall k \tag{13}$$

$$\sum_{k=1}^{n} x_{"m"jk} \leq 1 \quad \forall i,j \tag{14}$$

$$t_{"m"k} + P_{"m"k} \leq t_{"m"k} + 500(1 - q_{kkl}) \quad \forall i,j,k,kl \quad k \neq kl \tag{15}$$

Función Objetivo (1)

El objetivo de nuestro modelo es la minimización de la variable z, la cual está sujeta a una restricción la cual se describe más adelante.

Makespan (2)

La función objetivo tiene como finalidad minimizar el momento que inicia el lote u a procesarse en cualquiera de las máquinas (para todo k), siendo “u” el último lote a producirse, el cual es imaginario en el modelo.

Tiempo de flujo (3): Esta restricción tiene la finalidad de marcar el orden de flujo de tiempo en la producción. Es decir que el momento en el inicia el procesamiento de mi lote actual (i) más su tiempo de procesamiento y su tiempo de lavado considerando el lote siguiente (j) para cierto tipo de máquina(k) , debe ser menor o igual al momento de inicio del lote siguiente (j). En la restricción se puede observar que al momento de inicio del lote siguiente (j), se le suma 500 multiplicado por la variable binaria si el producto siguiente (j) le sigue al lote actual (i) en la máquina especificada (k). Por consiguiente, en caso de esto ser contrario la variable sería igual a 0, lo cual haría que nuestra variable momento inicio de lote (j) tuviera un valor muy grande, ya que se le sumaría un número muy grande, el cual es 500. Esto provocaría que el lote siguiente (j) no se asigne a esa máquina, ya que el objetivo de nuestra función objetivo es la minimización del momento de inicio del último lote (u).

Fecha de entrega (4)

Esta restricción tiene como objetivo que el tiempo de terminación del lote no sobrepase la fecha de entrega. Esto se logra sumando el momento de inicio del lote actual (i) en la máquina (k) más el tiempo de procesamiento del lote actual (il) en la máquina (k), el cual debe ser menor o igual a la fecha de entrega del lote actual (i). A esta restricción se le suma un número muy grande multiplicado por la variable binaria si el lote actual (i) se procesa en la máquina (k). En el caso de que el lote actual (i) no se procese en la máquina (k) esta variable tendrá el valor de “0” por lo cual a la fecha de entrega se le sumará un número muy grande para identificar aquellos lotes que no se procesan en la máquina (k).

X vs Y (5)

Esta restricción tiene como finalidad que comparar la variable X y la Y, esta ultima cambia si lote actual (i) se produce en la máquina (k), siendo 1 cuando la condición es verdadera y viceversa. Por otro lado, la variable X, cambia si el lote siguiente (j) le sigue a lote (i) en máquina (k). Esta restricción tiene como finalidad que la variable X debe ser igual a la variable Y. Esto se logra sumando la variable binaria X para todas las máquinas, la restricción fuerza a que la variable X sea 1 para un máquina (k) y 0 para todas las demás máquinas (k), en otras palabras que el lote actual (i) solo considere un máquina al momento de asignar cualquier a que sea el siguiente lote (j) para aquella máquina.

Balance (6)

Esta restricción sirve para establecer en la programación que todos los lotes que entran a la máquina deben de salir en la misma cantidad.

Forzar producción (7)

La variable Y es 1 si el lote (il) va en la máquina (k). Esta ecuación significa que al sumar todas las posibilidades o máquina; que en una se asigne el lote (il). Esto al igualar la suma a 1.

Primer lote (8)

Esta restricción nos ayuda a establecer que nada puede ir antes que el lote 0 que es parte de los índices I y J. Esto se logra sumando todas las posibilidades de j, para la variable Xijk, y que esta sumando se iguale a 1 para todas las máquinas k.

Ultimo lote (9)

Esta restricción denota el hecho de que no se puede producir ningún lote después del lote u para toda máquina (k). Esto se logra sumando i cuando j es mi ultimo lote imaginario “u”, y la suma al tomar el valor de 1, significa que para todas las máquinas el lote u es el último.

Cotas: presencia (10)

Esta cota dicta que no se puede secuenciar un producto en una máquina (k) si este no está considerado producirse en esa misma máquina, esto se logra poniendo como límite superior la variable Aik, la cual define si un lote se puede producir en la máquina k.

Cotas: tiempo 0 (11)

Se establece que nada puede ir antes que el tiempo t_0, ya que este es el tiempo inicial donde corren las máquinas por primera vez.

Cotas: después de u (12)

Esta cota establece que nada se puede secuenciar despues del lote u para cada máquina (k). Esto se logra poniendo cuando mi i="U" y para todas las j, mi variable binaria Xijk tiene valor de 0 o en otras palabras ningun lote j le sigue al lote u en la máquina k

Cotas: u en todo k (13)

Se denota que los lotes u deben ser producidos en todas las máquinas (k) consideradas en el modelo. Esto se logra poniendo como valor fijo igualando la variable Y a 1 cuando mi lote u va en la máquina k

Mantenimiento (14)

Esta restricción establece que no se pueden realizar mantenimientos distintos aunque sean en diferentes máquinas, solamente se puede realizar un mantenimiento preventivo a la vez en toda la planta.

5.3. Pruebas piloto

Se realizó como prueba una prueba en GAMS, un programa que permite el uso de programación lineal para la optimización de procesos, la cual se puede encontrar en la figura . Considerando 5 lotes imaginarios en la producción y 2 máquinas.

```
makespan(i,k)..                z=g=T("u",k);


TimeFlow(i,j,k)$a(i,k)..       T(i,k)+P(i,k)+W(i,j,k)-T(j,k)=L=500*(1-X(i,j,k));

DueDate(il,k)..                T(il,k)+ P(il,k)=l= dd(il)+500*(1-Y(il,k));

XvsY(il,k)..                   sum((j),X(il,j,k))=e= Y(il,k);

balance(il,k)$a(il,k)..        sum((j),x(il,j,k)) =e= sum((j),x(j,il,k));

ForceProduction(il)..          sum((k),y(il,k)) =e= 1;

First(k)..                     sum(j,x("0",j,k)) =e= 1;

Last(k)..                      sum(i,x(i,"u",k)) =e= 1;


x.up(i,j,k)=a(i,k);
t.lo(i,k) = T0(k);
x.fx("u",j,k) = 0;
y.fx("u",k)=1;

model ProyectoPEF /all/;
solve ProyectoPEF using MIP minimizing z;
display Z.L, T.l, x.l, y.l;
```

Figure 0-10 Modelo en GAMS

Sin embargo después de realizar un benchmarking, se decidió que el GAMS no era el programa adecuada para esta solución planteada. El benchmark realizado se puede apreciar en la Figura 3.11.

Figure 0-11 Benchmark de modelos de programación

Como se puede apreciar en la imagen, se decidió por el modelo de programación de octave, ya que es un modelo gratuito que no requiere de licencia para ejecutarse. A continuación se desarrollara el modelo desarrollado en el programa de Ocatve. Se empleó la función glpk que nos permite desarrollar modelos de optimización en Matlab y Octave, *(Vease anexo 3).*

Para emplear este modelo fue fundamental el uso de macros en excel y el pre procesamiento de datos para poder correr el programa, algunas de las acciones que ejecuta las macro programas en excel: crear matrices de manera dinámica por medio de ciclos y de formulas dinámicas. Además del uso de condicionantes en las formulaciones, Vlookups y búsqueda de información en archivos de excel. En la Figura 3.12 se muestra la macro empleada y en la figura 3.13 se muestra lo que genera las macros programadas.

```
(General)                                   lavado
Sub lavado()
'Buscar cantidad total para loop
Dim a As Integer, b As Integer, c As Integer, d As Integer, e As Integer, f As Integer, g As Integer
a = Range("R5").Value 'total de skus
b = 1   'counter, cuantas veces vas a pegar un solo sku
c = 9   'sku inicial
d = 9   'donde voy a poner c(a-1) veces
e = 0   'cuantas veces vas a buscar el sku
f = 0
g = 0

'empieza loop para 1
Do While e < a
b = 1
    Do While b < a

    Sheets("Lavado").Select
    Cells(c, 17).Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.Copy
    Cells(d, 17).Offset(0, 3).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False

b = b + 1
d = d + 1
    Loop
```

Figure 0-12 Macro de excel

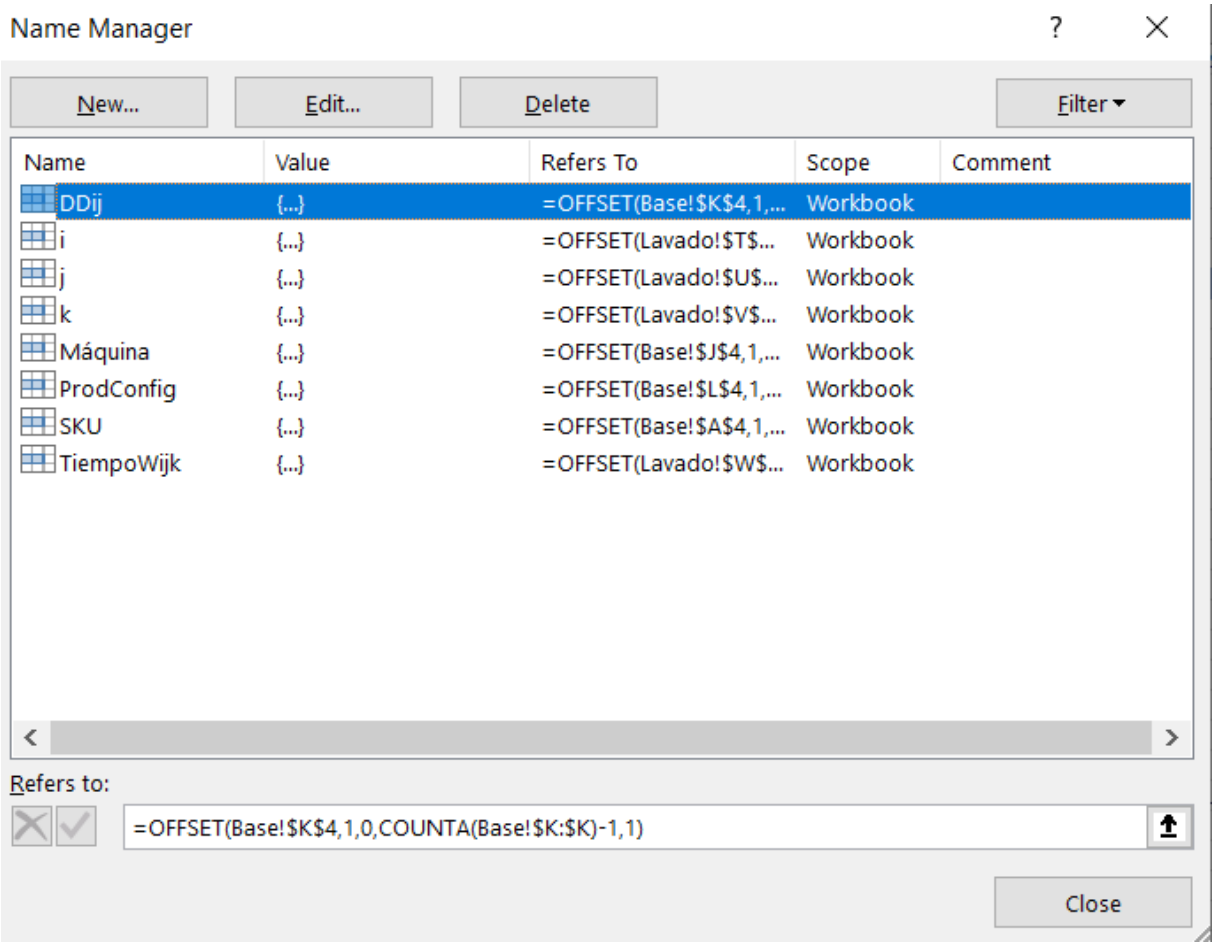


Figure 0-13 Datos generados por Macro

CAPÍTULO 7

PULL

7.1 Implementación

En la parte de implementación comenzamos a ver los resultados de las pruebas pilotos y con base en esto se decidió tomar decisiones respecto a cuáles kaizens implementar para asegurar su función.

Los kaizen se dividieron en configuración de arranque y lavado con el propósito de crear un nuevo estilo de trabajo y procedimiento para cada subproceso así como también ayudar a disminuir el tiempo que los operarios emplean en cada uno de ellos y fueron implementados parcialmente y algunos de ellos se utilizan en ambos procesos.

Los resultados de los kaizen implementados en configuración de arranque fueron los siguientes:

1. Ayudas visuales y reglas

Evidencia:

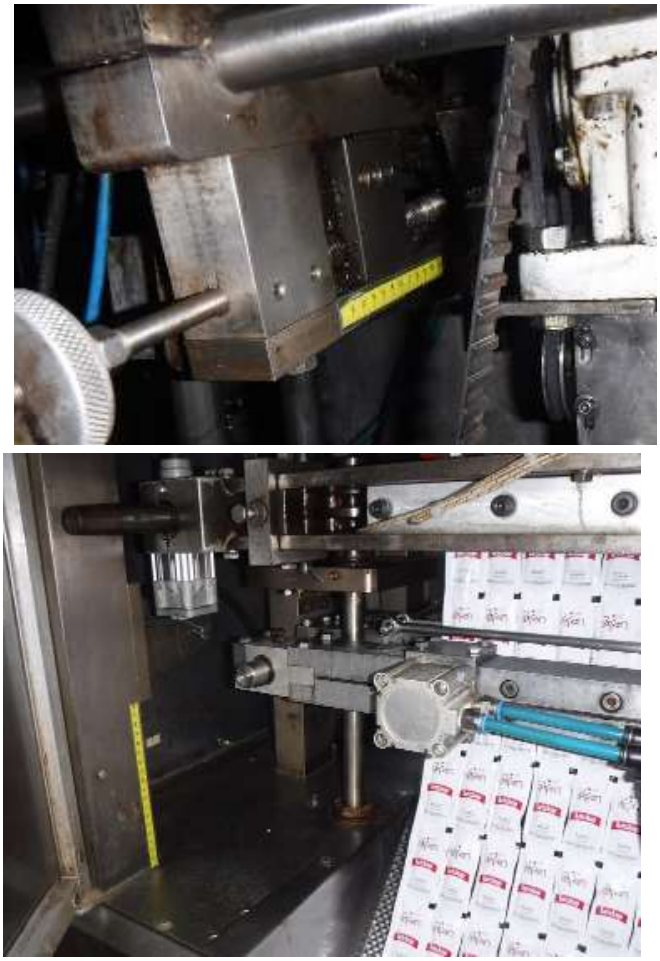


Figure 0-1 Reglas para ayuda visual de fotocelda, navaja de peso y altura de sobre

Resultado:
Se eliminaron 30 minutos de ajustes que antes se realizaban a prueba y error.

2. Adelanto para armar el troquel con sus respectivas fechas de caducidades

Evidencia:

Figure 0-2 Adelanto para armar troquel con sus respectivas caducidades

Resultado:

Se eliminaron 13 minutos en el proceso de configuración de arranque ya que se “omitió” este proceso y se adelantó durante el lavado.

Los resultados de los kaizen implementados en lavado fueron los siguientes:

1. Carrito de sanitización

Evidencia:

Figure 0-3 Carrito de sanitización

Resultado:

Se eliminaron 35 minutos de cada lavado ahorrando caminares y actividades que no agregan valor.

2. Mesa de lavado

Con la ayuda de la mesa de lavado los operarios podrán clasificar los componentes y piezas de la máquina correspondiente a cada una de las partes, es decir desarman y lavan sincronizadamente y al momento de colocar las piezas limpias se colocarán en la mesa de lavado en subdivisiones dependiendo de la parte de la máquina que se encuentren, tal como muestra la figura:

Evidencia:

Figure 0-4 Clasificación de piezas en mesa de lavado

Con el fin de controlar la organización y selección de piezas correctas y al momento de comenzar con el armado se pueda ver rápidamente dónde se encuentran las piezas y realizar el armado más rápido.

Resultado:

Se eliminaron 40 minutos en los que el operario se encuentra buscando o identificando las piezas.

3. Argolla para permitir el flujo de agua

Las mangueras del área de líquidos y botellas contienen una pistola que controla el flujo del agua. El fin de la argolla es colocarla en la parte de la pistola cuando se están llenando las tarjas o tanques con el fin de aprovechar ese tiempo que empleaban los operarios en esperar a que estos recipientes se llenen y utilizar ese momento para realizar otras funciones del lavado.

Evidencia:

Figure 0-5 Argolla para permitir el flujo de agua

Resultado:
Se eliminaron 11 minutos por cada lavado debido a que se realizaron otras actividades mientras se completaba este paso..

Los resultados de los kaizen implementados en ambos procesos fueron los siguientes:

1. Shadow board de herramientas

Evidencia:

Figure 0-6 Shadow board para herramientas

Resultado:

Los operarios se ahorraron caminares y trabajos en buscar herramientas, por lo que se eliminaron 12 minutos de la configuración de arranque.

7.2. Estandarización

Rediseño de procedimiento e instructivo de trabajo

Evidencia:

Griffith FOODS

Nombre del Proceso: Configuración de Lane
Responsable: Ing. Brenda Galván

22-09-2019
Rev.
1 de 5

LANES	LISTA DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS
Descripción del equipo: Equipo para empacar productos en personaje y en sus distintas presentaciones. **Personal empleado:** 1 persona **Frecuencia:** Cambio de producto **Realizado por:** 1 operador de producción	Herramientas Envoltura plástico. Llave perica Navaja. Cepillo bronce Llave allen ¼, 5/32, 5/16 y 1/4 Llave española ½, 3/4, 1/16, 5/16, 7/16, y 9/16

EQUIPO DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS

Equipo de seguridad: tapones auditivos, lentes de seguridad, faja y equipo de protección personal

TIEMPOS DE OPERACIÓN

4 horas/cambio de producto.

No.	Operación	Descripción
1	PREPARACIÓN DEL ÁREA	**Operador de producción** 1.0 Chequear limpieza de la máquina, inspeccionar que el Interlok esté funcionando y revisar que no estén partes sueltas. 1.1. Cortar rollo de producto anterior y cubrir rollo con envoltura de plástico. Bajar rollo con grúa y tomar herramienta Llave allen 5/16 para remover rollo. Trasladar rollo removido a báscula, pesar lo y anotar peso sobre plástico. Finalmente colocarlo en área rollo. 1.2 Verificar que rollos proporcionados por el facilitador sean los indicados de acuerdo a la orden de producción. Revisar códigos de empaque. 1.3. Colocar el tubo en rollo y ajustarlo con llave allen 5/16. Unir tubo con rollo a grúa y subir el rollo hasta que el tubo se atore en la máquina. Para rollo de reverso emplear llave allen 1/14. 1.4. Retirar el plástico de rollos y desechar en bote de basura identificado con el bote de color amarillo para plásticos y con el bote de color naranja para lo orgánico

Griffith FOODS

Nombre del Proceso: Lavado de Lanes.
Responsable: Operador de Producción.

ILE-x-x-xx
Rev.Oct, 2019
1 de 6

LANES	LISTA DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS
Descripción del equipo: Equipo para empacar producto en personaje en sus distintas presentaciones. **Personal Empleado:** 1 persona **Frecuencia:** 24 ,48 y 72 hrs/ Cambio de producto / Fin de semana / Trabajo por mantenimiento. **Realizado por:** 1 operador de Producción.	1. Contenedor color blanco (para lavado de accesorios) *

EQUIPO DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS

Equipo de seguridad: guantes plásticos, lentes de seguridad, tapones auditivos y para maquinaria candados LOTO.

PRIMEROS AUXILIOS: llevar fuga de seguridad **TIEMPOS DE LAVADO**

5 hrs/ cambio de producto.

No.	Operación	Descripción
1	PREPARACIÓN DEL ÁREA	**Supervisor** **1.0** Buscar a auxiliar antes de empezar Lavado **Auxiliar** **1.0** Mover carrito de sanitización con los utensilios de limpieza necesarios (descritos en la sección de «materiales necesarios», y llevarla hacia área trasera de la Lane (revisar lay out de acomodo). **Supervisor** **1.1** Revisar que el carrito esté listo para lavado. **1.2.** Supervisor solicita a auxiliar los tanque intermedios y los rollos de siguiente producto se encuentren en área. Genera lista y entrega. **Auxiliar** **1.2.** Va a almacén y solicita rollos. Rollos son colocados en entrada almacén. **Operador de producción** **1.0** Enjuagar tarjas, llenar tarjas con agua y adicionar químicos (Roichter 1200 ml). Utilizar la argolla para que el operario realice otras actividades, mientras se llenan los contenedores. **1.2** Conseguir bolsas plásticas grises en mesa de supervisor.

Figure 0-7 Instructivo de trabajo para lavado y configuración de arranque

.

Resultado:

Crear formalidad en las mejoras de trabajo y estandarización de procesos para que los trabajadores tengan noción de la estructura de trabajo.

Como resumen se puede observar en la figura la reducción de tiempos en minutos de cada kaizen comparando el antes y el actual:

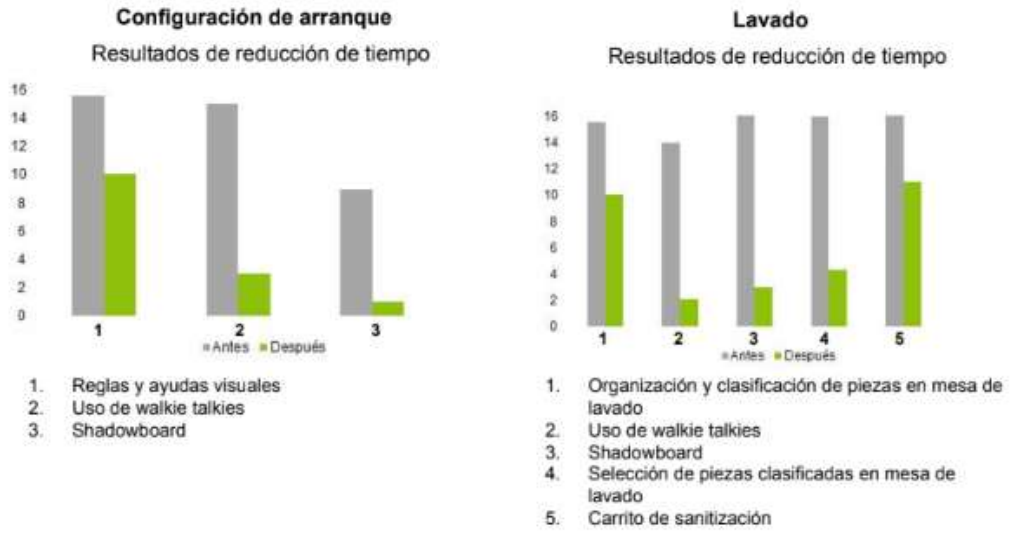


Figure 0-8 Reducción de tiempo en configuración de arranque y lavado

CAPÍTULO 7

PERFECCIÓN

7.1 Controles

<u>Diseño de formatos para control:</u>

Se realizaron controles donde se asignan responsables para reportar alguna falla o desgaste en cada uno de los kaizen es decir, quién reporta, a quién le reporta, quién ejecuta el cambio y quién le da seguimiento.
Como se muestra en la figura:

Figure 0-1 Formato de control para lavado

Figure 0-2 Formato de control para configuración

El formato de control lavado o la figura 5.1, explica la secuencia de actividades para activar el carrito de lavado para la preparación de área y el armado durante el lavado. También describe los actores que están involucrados en ambos kaizens, para que estos se lleven de forma adecuada. Así mismo los materiales necesarios para llevar a acabo estos Kaizens y la frecuencia. En el caso del formato de control para configuración(Figura 5.2), se explica las acciones que el operador de producción debe ejecutar para saber qué hacer cuando exista una complicación o impedimento para continuar el trabajo utilizando las reglas para la configuración de arranque.

Como parte de esta etapa fue muy importante, la capacitación a operarios, supervisores y encargados de mejora continua, para hacer que estos Kaizens sean sostenibles a largo plazo a continuación se muestra evidencia de las capacitaciones realizadas:

Figure 0-3 Capacitación a trabajadores de mejora continua

Figure 0-4 Capacitación a operarios

<u>Comunicación de resultados de trabajo:</u>

Indicadores de seguimiento de reducción de tiempo en configuración de arranque y lavado.

Se adquirió una pantalla que se instaló en el área de líquidos donde muestran los resultados del OEE semanales y las mejoras implementadas, así como la reducción de tiempo que ha habido consecutivamente tanto en configuración de arranque como lavado. Así como se muestra en la figura.

Figure 0-5 Sistemas de comunicación de Kaizen

Figure 0-6 Sistema de comunicación de Kaizen

Figure 0-7 Sistema de comunicación Kaizen

De esta forma los trabajadores pueden ver su trabajo reflejado en pantalla y los incite a dar un mayor esfuerzo y competencia entre ellos.

Es importante mencionar que varias de las mejoras propuestas, no se pudieron llevar a cabo por restricciones como tiempo y dinero. Estas propuestas se documentaron y se comunicaron a la empresa, para posterior implementación al finalizar este proyecto. Estas mejoras son las siguientes

- Lentes con iluminación

Los operarios realizan ajustes constantes en la máquina, además para hacer los cambios de caducidades se requiere de buena visibilidad; para ello se optó por unos lentes con luz LED para darle buena

visibilidad al operario de una manera sencilla y práctica, sin que tenga que regresar a la estación de caducidades y simplemente realice cambios estando ahí en la máquina. Mediante esto se reducen 10 minutos de configuración en caminares.

- Soldar boquillas

El problema se debe a que las boquillas en las máquinas lanes están muy desgastadas ya que no se les ha hecho cambio en los últimos tres años. Esto provoca que se desacomoden y no logren estar alineadas ni centradas por lo que hace que se necesite de un constante ajuste en las boquillas y se tomen 13 minutos en promedio más del tiempo requerido. Por ello se llegó a la solución de cambiar dichas boquillas y bien soldarlas de dos en dos para que éstas vayan a la par y no se pierdan su alineación.

CAPÍTULO 8

COMPARATIVA DE OBJETIVOS Y RESULTADOS

8.1 Resultados de mejoras

El comportamiento del indicador OEE durante las últimas semanas de implementación, se midieron los siguientes resultados mostrados en la imagen 5.10.

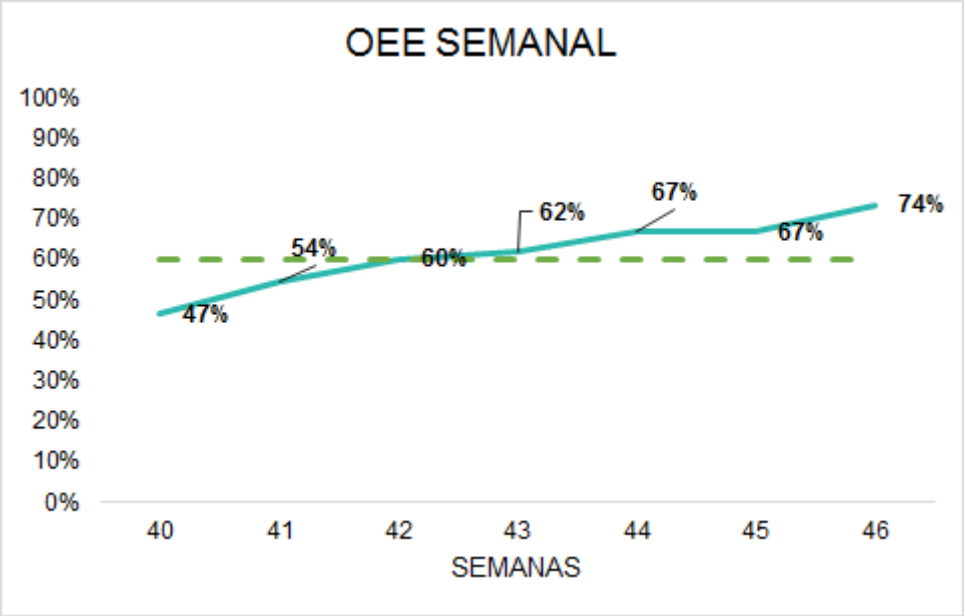


Figure 0-1 OEE semanal durante fase de implementación

El OEE semanal llegó al 74% promedio y viendo el comportamiento y tendencia se puede apreciar que se ha incrementado en comparación el OEE inicial, antes de la intervención del proyecto, el cual era de 42%.

Table 0-1 Resultados del OEE semanal en el área de Líquidos y Botellas

OEE	Líquidos y Botellas	Polvos
%	61%	75%
Calidad	98.9%	99.9%
Disponibilidad	85.0%	89.0%
Eficiencia	74.0%	84.5%

En esta Tabla se puede apreciar que cumplimos con nuestro objetivo de incrementar la eficiencia en el área de líquidos y botellas, lo cual nos permitió incrementar el OEE del área de líquidos y botellas en 19 puntos porcentuales. Es importante mencionar que este resultado fue gracias al trabajo estandarizado, el cual debe ser la base de todas la mejoras; y gracias al apoyo de los operarios de producción quienes, contribuyeron enormemente en la lluvia de ideas para solucionar la problemática.

El objetivo del proyecto se alcanzó ya que las mejoras "Kaizens" solo se implementaron en las máquinas de porcionadoras. Los impactos que se tuvo en el lavado por cambio de producto fue de 20%, reduciéndose con los Kaizens implementados a 4.32 hr y en configuración de arranque fue de 28%, reduciéndose a 3.11 hr.

Como impacto en ahorro del proyecto se pronosticó la reducción de este tiempo para los tiempos de paro de configuración de arranque y lavado por cambio de producto en el periodo de análisis.

Table 0-2 Impacto de los resultados del proyecto en costo beneficio

	Tiempo de paro de Enero-Mayo(Hr)	Reducción del Paro(Hr)	Kg/hr	$$/kg	$$/5 meses	$$/mes
Programación	1988.33					
Lavado	2399.2	479.84	768,122.20	1.69	$1,298,126.52	$259,625.30
Config	1490.15	417.24	667,916.06		$1,128,778.14	$225,755.63
		Total			$2,426,904.66	$485,380.93

Como se aprecia en la Tabla, el proyecto tuvo un impacto de reducción de costo para Lavado y Configuración de $485,380 MXN mensuales como ahorro en costo de producción. Es importante mencionar que el costo de los Kaizens fue de $0MXN, por lo que el retorno de inversión fue inmediato. Finalmente, las mejoras que no se pudieron implementar se documentaron y se compartieron con la empresa para su posterior implementación

CAPÍTULO 9

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Cronograma

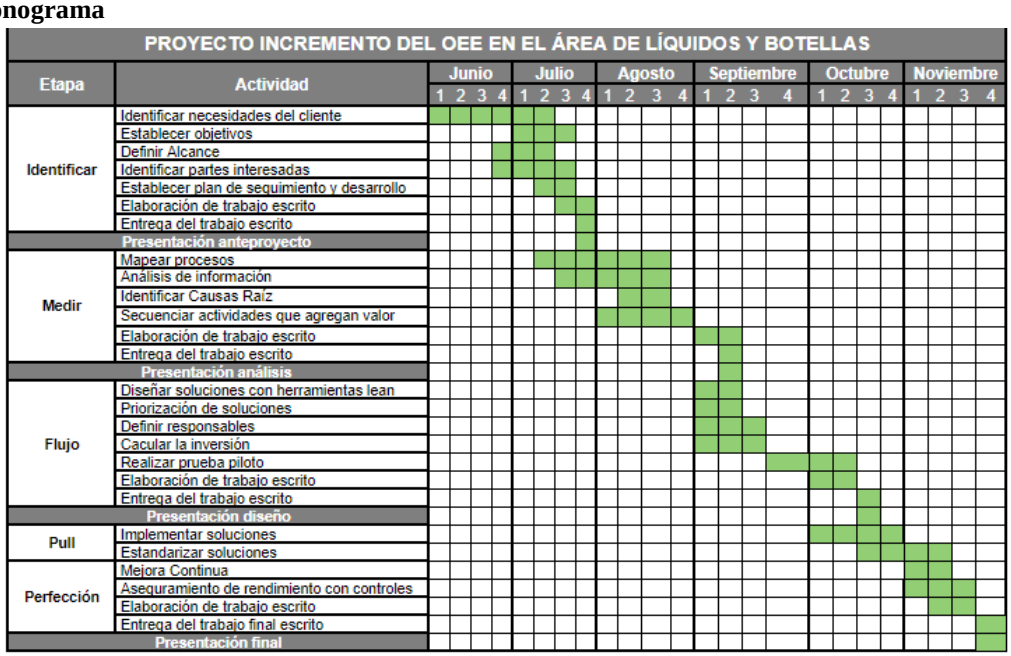


Diagrama de Gantt. Proyecto de incremento del OEE en el área de de Líquidos y Botellas.

REFERENCIAS

Carrasco A., O. (2018). *La Evolución de OEE*. Recuperado el día 24 de julio de 2019 de: http://file:///C:/Users/Cristian%20Perez/Downloads/La_evoluci%C3%B3n_del_OEE_por_OEEE_Overall_Equipment_Efficiency_Ing_Oscar_Carrasco.pdf

Cdi Consultoría. (2018). EL INDICADOR OEE. Recuperado el día 24 de julio de 2019 de: http://www.cdiconsultoria.es/sites/default/files/docsPaginas/Indicador%20O EE.pdf

Griffith Foods. Recuperado el 26 de mayo de 2019 de: http://griffithfoods.com/whoweserve/Pages/default.aspx

Lean Solutions. (2018). *Lean Manufacturing*. Recuperado el día 20 de mayo de 2019 de: https://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing

Santos, J., Wysk, R., & Torres, J. (2006). *Improving Production with Lean Thinking*. Somerset: John Wiley & Sons, Incorporated.

Sistemas OEE (2016). *Definición de OEE*. Recuperado el día 05 de junio de 2019 de: https://www.sistemasoee.com/definicion-oee

Womack, James P, & Jones, Daniel T. (2003). *Lean thinking : Banish waste and create wealth in your corporation* (1st Free Press ed., rev. and updated. ed.). New York: Free Press.

Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance : Reduce costs, improve quality, and increase market share*. Recuperado el día 05 de junio de 2019 de https://ebookcentral.proquest.com

West, L. M., Brincat, A., Mercieca, M., Fsadni, D., Rapa, I., & Cordina, M. (2018). Applying lean methodology to improve parenteral chemotherapy and monoclonal antibody documentation processes based on normalisation process theory. *European Journal of Hospital Pharmacy.Science and Practice*, *25*(1), 32.. Recuperado el día 21 de julio de 2019 de http://ezproxy.udem.edu.mx:2118/10.1136/ejhpharm-2016-001046

Vorne. (2018). "What is Overall Equipment Effectiveness". Recuperado el 04 de agosto de 2018 de: https://www.oee.com

Root Cause Analysis, Ishikawa Diagrams and the 5 Whys | iSixSigma. (2019). Recuperado de: https://www.isixsigma.com/tools-templates/cause-effect/root-cause-analysis-ishikawa-diagrams-and-the-5-whys/

ANEXOS

ANEXO 1

1. **Diagrama de flujo Área de Líquidos y Botellas**

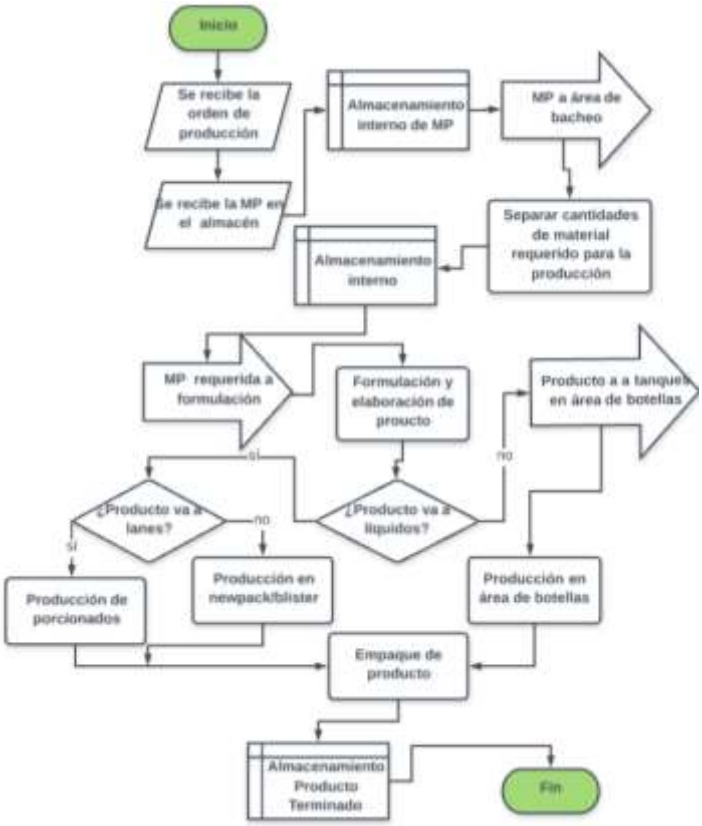


Diagrama de Flujo 1. Proceso interno del área de Líquidos y Botellas.

ANEXO 2

2. **Cálculo de objetivos particulares**

Para definir el porcentaje del objetivo específico de disponibilidad se realizó lo siguiente: se analizaron 22 semanas de paros de las cuales se obtuvo el mínimo y el promedio; con esto se calculó el entitlement y se obtuvo el porcentaje de entitlement del proyecto. Con el dato de contribución de paros en porcentaje, se pudo obtener la contribución potencial de puntos porcentuales y posteriormente los puntos porcentuales a atacar. Esto se observa en la Tabla 2.

Es importante mencionar que los 25.7 puntos porcentuales empleados en el cálculo en la contribución de puntos porcentuales (potencial), se obtienen restando el 100% menos el valor de la disponibilidad actual que es 74.3%.

Tabla 2.Porcentajes de Entitlement de Objetivos

Paros de Línea	Min	Promedio	Entitlement	Entitlement %	Contribución de Paros (%)	Contribución puntos porcentuales	Puntos porcentuales
Configuraciones de arranque	1709.90	4592.04	2574.54 =Promedio-(Promedio-Mejor Promedio)*.7	43.93% =(Promedio - Entiltement)/(Promedio)	16% =min de paro / min totales de todos los paros	4.11 =(25.7*.24)	1.8=(Porcentaje entiltement* contribución de puntos porcentuales)
Lavado por cambio de producto	1420.49	8890.95	3661.63	58.81%	0.27	6.93	4.08
Paro por falta de programación	384	10514.41	3423.12	67.44%	.33	8.48	5.71
							11.6 puntos

Sumando los puntos porcentuales, obtenemos que la disponibilidad puede incrementarse en 11.6 puntos porcentuales. Esto nos da que la disponibilidad puede incrementarse en un 85.9% como puede apreciarse en la Tabla 3. Resumen resultado objetivos. Para la situación del potencial a tener eficiencia, se utilizó el máximo histórico el cual es 69.92%.

Esta situación futura nos ayudó a definir los objetivos específicos de la siguiente manera: para la disponibilidad, la cual se incrementará en 11 puntos porcentuales(85.6%-74.3%), representa 15% en porcentaje, los cálculos son los siguientes= ((85.9%*100/74.3%)/100)-100=15.6%. Para la eficiencia, la cual se incrementará en 12 puntos porcentuales(69.92%-57.5%), representa 22%=((69.9%*100/57.5%)/100)-100.

ANEXO 3.

Tabla 3. Resumen resultado objetivos

	Actual	Futuro
% Eficiencia	57.5%	69.92%
% Disponibilidad	74.3%	85.9% =74.3%+.116
% Calidad	98.9%	98.9%
OEE	42%	59.4%=60%

Observando la Tabla 3. que multiplicando estos nuevos valores de eficiencia, disponibilidad y calidad; el nuevo OEE calculado es 60%. El cual, representa un incremento en 17 puntos porcentuales, el cual equivale a incrementar el OEE en un 41%=((59.3%*100/42%)-100).

707,771 min

=707,771/(14 máquinas*5 meses)
=6,735.014 min/maquina/mes
=6,735.014/(24*60)
=7.02 días/maquina/mes

24 hr

-2 horas comidas
-0.5 Juntas
=21.5 hr

=26%

=707,771.00 min paro en 5 meses **÷2,709,000** min disponibles en 5 meses

De 24 hr	Maquinas	hr/al dia con máquinas	hr/al mes	hr/5 meses	min/5 meses
21.5 hr/día	14	301 =21.5*14	9,030 =301*30	45,150 =9,030*5	2,709,000 =45,150*60

ANEXO 4. Código de Programación para Octave

```
pkg install 'io-2.4.13.tar.gz'
pkg load io
d=xlsread('PARAMTOO.xlsx','DueDate');
T0=xlsread('PARAMTOO.xlsx','T0');
mo=length(d);##Numero de ordenes
mm=length(T0);##Numero de maquina
w2=xlsread('PARAMTOO.xlsx','LavadoMaq2'); #Tiempo Lavado en Maq 2
w1=xlsread('PARAMTOO.xlsx','LavadoMaq1'); #Tiempo de Lavado en Maq 1
p=xlsread('PARAMTOO.xlsx','Procesamiento'); #Procesamiento en Maq 1
Aik=xlsread('PARAMTOO.xlsx','Aik'); #Tiempo de Lavado en Maq 1
q=(mm*(mm-1));
# primera restricción 62 * 14  #FINAL
A=zeros(((mo-1)*(mo-2)*mm+mm),(mo*mm)); #62x14
for j=1:mm
for i=1

A(((mo-1)*(i-1)+1+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)):((mo-1)*(i-1)+1+(mo-2)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)),i
+(mo)*(j-1))=ones(mo-1,1); #Unos en columna

A(((mo-1)*(i-1)+i+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)):((mo-1)*(i-1)+1+(mo-2)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)),(i
+1+(mo)*(j-1)):(mo)*j)=-1*eye(mo-i); #Matriz Lavado derecho

A((((mo-1)*(i-1)+1+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)):(mo*(i-1)+((mo-1)*(mo-2)+1))*(j-1)),((1+mo*(j-1))
:(i-1)+mo*(j-1)))=-1*eye(i-1); #Matriz Izquierda
endfor
endfor
```

```
for j=1:mm
for i=2:(mo-1)

A(((mo-2)*(i-1)+2+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)):((mo-2)*(i-1)+(mo-1)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)),i+(
mo)*(j-1))=ones(mo-2,1); #Unos en columna
A(((mo-2)*(i-1)+i+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)):((mo-2)*(i-1)+1+(mo-2)+(((mo-1)*(mo-2)+1))*(j-1)),
(i+1+(mo)*(j-1)):(mo)*j)=-1*eye(mo-i); ##Matriz Lavado derecho

A((((mo-2)*(i-1)+2+(((mo-1)*(mo-2)+1))*(j-1)):(mo-1)*(i-1)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)),(2+mo*(j-
1)):(i-1)+mo*(j-1))=-1*eye(i-2); #Matriz Izquierda
endfor
endfor
#MATRIX DE Xijk
A1=zeros(((mo-1)*(mo-2)*mm+mm),((mo-1)*(mo-2)*mm+mm)); #62x62
for i=1:((mo-1)*(mo-2)*mm+mm)
  A1(1:i,1:i)=500*eye(i);
endfor
#Luego las uno
Ad=zeros(((mo-1)*(mo-2)*mm+mm),(mo*mm)); # 62 x 14
Adq=zeros((mo-1)*(mo-2)*mm+mm,q);#62xq
Adz=zeros((mo-1)*(mo-2)*mm+mm,1); #62x1
A=[A A1 Ad Adq Adz]; #Lista primera restricción 62x101

## VECTOR B primera restricción #REVISAR
p2=zeros(1,mo*mm);
for i=1:mm
  p1=[p(:,i)]';
  p2=horzcat(p2,p1);
endfor
pf=p2((mo*mm)+1:length(p2));
```

```
B=zeros(1,((mo-1)*(mo-2)*mm+mm));#1x62
for j=1:mm
for i=1 #deben ser 12
B((1+((mo-2)*(mo-1)+1)*(j-1)):((mo-1)+((mo-2)*(mo-1)+1)*(j-1)))=500-pf(i);
endfor
endfor
for j=1:mm
for i=2:(mo-1) #deben ser 12
B((mo-2)*(i-1)+2+((mo-2)*(mo-1)+1)*(j-1):((mo-2)*(i-1)+(mo-1)+((mo-2)*(mo-1)+(1)*(j-1))))=5
00-pf(i+(mo-1)*(j-1));
endfor
endfor

## Crear los numeros del X
 XNumeros=zeros(((mo-1)*(mo-2)*mm+mm),3); #62 x3 i j k y son 84 renglones
 #Columna 1 y 3
  for j=1:mm   #Hacia cuantas maquinas
  for i=1    #Cuantos lotes
  for w=1:(mo-1)  #Cuantas comparaciones  for i=1:mo
  for x=1:((mo-1)*(mo-2)+1)#cuantos renglones#Cuantos lotes
    XNumeros(w+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1),1)=i;  #Columna 1
    XNumeros(x+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1),3)=j;     #Columna 3
   endfor
   endfor
   endfor
 endfor
 #columna 2
  for j=1:mm #Maquinas
 for i=1    #Cuantos lotes
```

```
XNumeros(1+mo*(i-1)+(j-1)*((mo-1)*(mo-2)+1):(mo-1)*i+(j-1)*((mo-1)*(mo-2)+1),2)=(i+1:mo);
#El qie empiezaverde

XNumeros(mo+(mo-1)*(i-2)+(j-1)*((mo-1)*(mo-2)+1):mo*(i-1)+(j-1)*((mo-1)*(mo-2)+1),2)=(1:i
-1); #El que crece o azuul
 endfor
endfor
 #DEL 2 AL FINAL LOTES
  for j=1:mm   #Hacia cuantas maquinas
  for i=2:(mo-1)    #Cuantos lotes  no considero el ultimo
  for w=1:(mo-2)  #Cuantas comparaciones  for i=1:mo
  for x=1:((mo-1)*(mo-2)+1)#cuantos renglones#Cuantos lotes

XNumeros(2+(mo-2)*(i-1)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1):(mo-1)+(mo-2)*(i-1)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j
-1),1)=i*ones(mo-2,1);  #Columna 1 #(mo-2)*(i-2)
    XNumeros(x+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1),3)=j;     #Columna 3
   endfor
   endfor
   endfor
 endfor
 #columna 2
for j=1:mm #Maquinas
 for i=1:(mo-2)    #Cuantos lotes
XNumeros((mo-1)*(i)+1+(j-1)*((mo-1)*(mo-2)+1):(mo-2)*(i+1)+1+(j-1)*((mo-1)*(mo-2)+1),2)=(
i+2:mo); #verde o decrece
XNumeros(mo+(mo-2)*(i-1)+(j-1)*((mo-1)*(mo-2)+1):(mo-1)+(mo-1)*(i-1)+(j-1)*((mo-1)*(mo-2
)+1),2)=(2:i-1+1); #El que crece o azuul
 endfor
endfor
##
```

```
 w2=size(w1);
  for i= 1:((mo-1)*(mo-2)*mm+mm) #hasta el 62 #PROGRAMR MAS SENCILLO REVISAR**
  for j=1:w2(1)#hasta el 62
    if  (w1(j,3)==XNumeros(i,3) && w1(j,2)==XNumeros(i,2) && w1(j,1)==XNumeros(i,1));
        B(i)=B(i)-w1(j,4);
    else
    j++;
    endif
endfor
endfor

##SIGUIENTE RESTRICCIÓN segunda
A2=zeros(((mo-2)*mm),mo*(mm)+((mo-1)*(mo-2)+1)*mm+mo*mm+q+1); #14x
91[14+62(ceros)+14+1(z)]
  for j=1:mm
  for i= 1:(mo-2) #10
  A2((1:i)+(mo-2)*(j-1),(2+(mo)*(j-1):i+1+(mo)*(j-1)))=1*eye(i); #me genera la identidad para
T
endfor
endfor
for j=1:mm
for i= 1:(mo-2) #10

A2((1:i)+(mo-2)*(j-1),(mo*mm+(((mo-1)*(mo-2)+1)*mm))+2+(mo)*(j-1):(mo*mm+(((mo-1)*(m
o-2)+1)*mm))+i+1+(mo)*(j-1))=500*eye(i); #me genere la identidad para Y #debe haber 10
endfor
endfor
A=[A; A2 ];
#Vector B restricción 2(yap)
 B1=zeros((mo-2)*mm,1); # 10X1
```

```
 D=repmat(d, mm,1);
 for j=1:mm
 for i=2:(mo-1) #Hasta 14
 B1(i-1+(mo-2)*(j-1))=D(i+mo*(j-1))+500-pf(i+(mo-1)*(j-1));
endfor
endfor
B=[ B B1']; #Esta como 1x98

##Tercera restriccion #MATRIX DE Xijk
A3=zeros((mo-2)*mm,((((mo-1)*(mo-2)+1)*mm)+mm*mo)); #10x76
for j=1:mm
for i=1:(mo-2) #Xijk
A3(1+(1)*(i-1)+(mo-2)*(j-1),((mo)+(mo-2)*(i-1)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1):((mo-2)*2+1)+(mo-2)*
(i-1)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1)))=ones(1,(mo-2));#1 para el Xijk
endfor
endfor
for j=1:mm
for i=1:(mo-2) #Yilk
  A3(1+(1)*(i-1)+(mo-2)*(j-1),(i+1+(mo*(j-1)+(((mo-1)*(mo-2)+1)*mm))))=-1*eye(1); #Unos en
columna
endfor
endfor
AdT=zeros(((mo-2)*mm),(mo*mm)); #10*14
Adz=zeros(((mo-2)*mm),1); #10*1
Adq=zeros(((mo-2)*mm),q);
A=[A;AdT A3 Adq Adz]; #
##Vector B tercera restricción
B3=zeros(1,(mo-2)*mm); #1x10
B=[ B B3 ];
```

```
##CUARTA RESTRICCIÓN #REVISAR falta adicionar a matriz 14
A4=zeros((mo-2)*mm,((((mo-1)*(mo-2)+1)*mm)+mo*mm)); #10x62
for j=1:mm
for i=1:(mo-2)
A4(1+(1)*(i-1)+(mo-2)*(j-1),(mo+(mo-2)*(i-1)+(((mo-1)*(mo-2)+1))*(j-1):((mo-2)*2+1)+(mo-2)*
(i-1)+(((mo-1)*(mo-2)+1))*(j-1)))=ones(1,(mo-2));#1 para el Xijk
A4(((1:(i-1))+(mo-2)*(j-1)),((mo-1)*2)+(mo-2)*(i-2)+((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1):((((mo-1)*2)+(mo-
1)*(i-2))+(((mo-1)*(mo-2)+1))*(j-1)))=-1*eye(i-1); ##Matriz Lado derecho
endfor
endfor
for j=1:mm
for i=1:(mo-3) #Xijk

A4((1+i:(mo-2))+(mo-2)*(j-1),((mo)+(i-1)*(mo-1):((mo-2)*i)-1+(mo-1))+(((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1
)))=-1*eye((mo-2-i));#izquierda
  A4((1:(mo-2))+(mo-2)*(j-1),((1:(mo-2))+(((mo-1)*(mo-2)+1))*(j-1)))=-1*eye(mo-2);
endfor
endfor
# Ad 84 x 14 y A4 84x 98  ocupo q A4 sea 84x112
Ad=zeros((mo-2)*mm,(mo*mm)); # 10x14
Adq=zeros((mo-2)*mm,q);
Adz=zeros(((mo-2)*mm),1); #10x1
A4=[Ad A4 Adq Adz];
A=[A; A4];
B4=zeros(1,(mo-2)*mm); #1x10
B=[ B B4 ];
##rESTRICCIÓN nUMERO 5
A5=zeros((mo-2),(mo)*mm); #5x14
for j=1:mm #de maquinas
for i=1:(mo-2) # del 1 al 7
```

```
  A5((1:i),(1:i)+1+(mo)*(j-1))=eye(i);
endfor
endfor
Ad=zeros((mo-2),(mo*mm+(((mo-1)*(mo-2)+1)*mm))); #   5x86
Adq=zeros((mo-2),q);
Adz=zeros((mo-2),1);
A5=[Ad A5 Adq Adz];
A=[A; A5];
B5=ones(1,(mo-2)); #1x5
B=[ B B5 ];
##Restricción número 6
A6=zeros(mm,(((mo-1)*(mo-2)+1)*mm)); #2x72
for j=1:mm #de maquinas
for i=1:(mo-1) # del 1 al 6
  A6(j,((1:i)+((((mo-1)*(mo-2)+1))*(j-1))))=ones(1,i); #le quite el eye
endfor
endfor
Ad=zeros(mm,(mo*mm)); # 2 x 14
Adq=zeros(mm,q)
Adz=zeros(mm,1);
A6=[Ad A6 Ad Adq Adz]; #Lista primera restricción 84x112
A=[A; A6];
B6=ones(1,mm); #1x2
B=[ B B6 ];
##Restricción número 7
A7=zeros(mm,(((mo-1)*(mo-2)+1)*mm)); #2x62
for j=1:mm #de maquinas
for i=1:(mo-1) # del 1 al 6 #LE PUSE EL MENOS
  if i==1
  A7(j,((mo-1)+(mo-1)*(i-1)+(((mo-1)*(mo-2)+1)*(j-1))))=ones(1);
```

```
  endif
endfor
endfor
Ad=zeros(mm,(mo*mm)); # 2 x 14
Adz=zeros(mm,1);
Adq=zeros(mm,q);
A7=[Ad A7 Ad Adq Adz]; #Lista primera restricción 84x112
A=[A; A7];
B7=ones(1,mm); #1x2
B=[ B B7 ];
#Restricción número 8 del z
A8=zeros(mm,mo*mm); #2x14
for j=1:mm #de maquinas
 A8(j,mo+mo*(j-1))=-1*ones(1);;
endfor
Ad=zeros(mm,(mo*mm)+(((mo-1)*(mo-2)+1))*mm+q+1); # 1 x 14+62+1 77
for j=1:mm #de maquinas
 Ad(j,(mo*mm)+(((mo-1)*(mo-2)+1))*mm+q+1)=1*ones(1);
endfor
A8=[ A8 Ad];
A=[A; A8];
B8=zeros(1,mm); #1x2
B=[ B B8 ];
#Restricción 9 mtto
A9=zeros(q,mo*mm);
Adq=zeros(q,q);
for i=1:(mm-1)#ciclo
for j=1:(mm-i) #Cantidad de datos
 ri(j,i)=mm+mm*(j-1)+(mm)*(i-1);
```

```
 ci(j,i)=(mo-mm)+(mo+1)*(j-1);
endfor
endfor
for i=1:(mm-1)#ciclo
for j=1:(mm-i) #Cantidad de datos
 rd(j,i)=1+1*(j-1)+(mm)*(i-1);
 cd(j,i)=(mo-mm)+(mo+1)+(mo+1)*(j-1)+(mo+1)*(i-1);
endfor
endfor
for i=1:(mm-1)
for j=1:(mm-i)
  A9(ri(1:mm-i,i),ci(1:mm-i,i))=-1*eye(mm-i,mm-i);
  A9(rd(1:mm-i,i),cd(1:mm-i,i))=-1*eye(mm-i,mm-i);
endfor
endfor
for j=1:mm #maquinas
  A9((1:mm-1)+(mm-1)*(j-1),(mo-mm)+(mo+1)*(j-1))=ones(mm-1,1);#Unos linea #ya quedo
endfor
for i=1:q #de maquinas
 Adq(1:i,1:i)=-500*eye(i);
endfor
AdXyY=zeros(q,(mo*mm)+(((mo-1)*(mo-2)+1))*mm); # 10x14
Adz=zeros(q,1);
A8=[ A8 Ad Adz];
A=[A; A9 AdXyY Adq Adz];
B9=zeros(1,q); #1x2
for j=1:mm #deben ser 12
for i=1:q
B9(1,i)=500-pf((mo-q)+(mo)*(j-1));
endfor
```

```
endfor
B=[ B B9 ];
#Restrición del C
c=size(A);
C=zeros(1,c(2));
C(1,c(2))=ones(1); #1x91

vtype = ""; #El tipo de variables son 101
for i=1:mo*mm
  vtype = [vtype, "C"]; #Todas las T son continuas
endfor

for i=(mo*(mm)+1):((((mo-1)*(mo-2)+1))*mm+mo*mm+1+mo*mm+q)
  vtype = [vtype, "I"]; #Todas las variables son enteras Serian las 77)
endfor

ctype = ""; #Tipo de sentido en la restricción
for i=1:((((mo-1)*(mo-2)+1))*mm+(mo-2)*mm) #Para restricción 1 (Son 62)y 2(Son 10
  ctype = [ctype, "U"];#An inequality constraint LOWER BOUND
endfor

for i=1:((mo-2)*mm+(mo-2)*mm+(mo-2)+mm+mm) #Para restricción 3(Son 10),4(son
10),5(Son 5),6(Son 2),7(Son 2)
  ctype = [ctype, "S"]; #Restricción con el igual #An equality constraint
endfor

for i=1:(mm) #Para restricción 8(son 2)
  ctype = [ctype, "L"]; #Restricción con el igual g
endfor
```

```
for i=1:q #Para mtto
  ctype = [ctype, "U"];#An inequality constraint LOWER BOUND
endfor

n=c(2); #Total de variables son 91
lb=zeros(n,1);## Lower bound  de variables

#UP ya quedo para primera restricción para Tik y Xijk solo revisar y acomodar para las 112
variables
#Upper variable T
UPT=ones(1,mo*mm);
UPT=UPT*1000;

#Upper bound variable Y
UPP2=zeros(1,mo);
for i=1:mm
  UP2=[Aik(:,i)]';
  UPP2=horzcat(UPP2,UP2);
endfor
UP=UPP2(mo+1:length(UPP2));
UPY=UP;
#Variable X uper bound
#Que lote no va en la maquina
AIK=sum(Aik == 0) ##Cuenta cuantos 0
Lote=zeros(size(AIK)) #Crear Lote
  for j=1:mm
  x=1
  for i=1:mo
    if Aik(i,j)==0; #Cuando el Aik
        Lote(x,j)=i; #i es lote   en la i estaba ":"
```

```
        x++
   endif
   endfor
 endfor
## Prueba
UPPx=zeros(1,(((mo-1)*(mo-2)+1))*mm); #1x62

for j=1:mm #2 Maquinas   #mo*(mo-1)  por maquina
for x=1:(mo-1)*(mo-1) #cuantos renglones#Cuantos lotes #42

UPPx(1,x+(j-1)*(mo-1)*(mo-1))=(ismember((XNumeros(x+(j-1)*(mo-1)*(mo-1),1)),Lote(:,j)) ||
ismember((XNumeros(x+(j-1)*(mo-1)*(mo-1),2)),Lote(:,j)));
    if UPPx(1,x+(j-1)*(mo-1)*(mo-1))==1
      UPPx(1,x+(j-1)*(mo-1)*(mo-1))=0;
    else
      UPPx(1,x+(j-1)*(mo-1)*(mo-1))=1;
    endif
endfor
endfor

UPq=ones(1,q);

UP=[UPT UPPx UPY UPq 1000]; #Aqui agrupo todos los upper bounds
UP=UP';
B=B';
C=C';

param.msglev=2 #Muestre algunos

[T_opt,z_min,STATUS] = glpk(C,A,B,lb,UP,ctype,vtype,1,param)
```